

**XERORADIOGRAPHISCHE DARSTELLUNG
DER SKELETTENTWICKLUNG, DES GRÖSSENWACHSTUMS,
DES GEFÄSSSYSTEMS UND MÖGLICHER CHROMOSOMALER
SKELETALER FEHLENTWICKLUNGEN BEI EMBRYONEN
UND BEI FOETEN**

Hans-Jürgen Helber

1978

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Klinik und Poliklinik für Radiologie,
8000 München 2, Ziemssenstraße 1

Xeroradiographische Darstellung
der Skelettentwicklung, des Grös-
senwachstums, des Gefäßsystems
und möglicher chromosomaler ske-
letaler Fehlentwicklungen bei
Embryonen und bei Foeten

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktor-
würde, in der gesamten Medizin verfaßt und einer
Hohen Medizinischen Fakultät der Ludwig - Maximili-
ans - Universität zu München

vorgelegt von

Hans-Jürgen Helber

aus

Metzingen

München 1978

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der
Universität München

Berichterstatter : Prof. Dr. J. Lissner

Mitberichterstatter : Prof. Dr. Frey

Dekan : Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung : 28. November 1978



D a n k s a g u n g

Herrn Prof. Dr. J. Lissner danke ich für die freundliche Überlassung eines Arbeitsplatzes an der Klinik und Poliklinik für Radiologie sowie für die Überlassung des Themas.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dipl. phys. M. Schätzl und Herrn E. Raithel für die Unterstützung bei der technischen und statistischen Bearbeitung ebenso wie den Herren Priv. doz. Dr. Lochmüller und Dr. H. Haendle, die mich in der Beschaffung des Untersuchungsmaterials und mit ihrem wertvollen Rat unterstützt haben.

Meinen lieben Eltern
aus Dankbarkeit
gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS :

EINLEITUNG

I. ALLGEMEINER TEIL

- 1.1. Geschichte und Technik der Xeroradio-graphie
- 1.2. Grundlagen der Skelettentwicklung
- 1.3. Aufstellung der wichtigsten Verän-derungen bei den Trisomien 13, 18 und 21

II. MATERIAL UND METHODE

- 2.1. Material
 - 2.1.1. Technisches Gerät
 - 2.1.2. Untersuchtes Material
- 2.2. Methode
 - 2.2.1. Xeroradiographische Methode
 - 2.2.1.1. Belichtungsspielraum
 - 2.2.1.2. Einfluß der Ladungsspannung der Selenplatte und der Bilddichte auf die Detailerkennbarkeit
 - 2.2.1.3. Wahl des Positiv- oder Negativverfahrens
 - 2.2.1.4. Randverstärkungseffekt
 - 2.2.2. Röntgenaufnahmetechnik
 - 2.2.3. Gefäßdarstellung
 - 2.2.4. Meßverfahren an den gewonnenen Bildern
 - 2.2.5. Faktoren, die das Meßergebnis be-einflussen
 - 2.2.5.1. Projektionsfehler
 - 2.2.5.2. Konservierungsfehler
 - 2.2.5.3. Wertung SSL/GL
 - 2.2.6. Statistische Grundlagen

III. ERGEBNISSE

3.1. Meßergebnisse

3.1.1. Körperlängen

3.1.2. Fuß-, Handlängen

3.1.3. Schädelmaße

3.1.4. Basalwinkel

3.1.5. Längenmaße der Extremitätenknochen

3.1.6. B_p und B_d der Extremitätenknochen

3.1.7. Knochenmaße Finger IV und V

3.1.8. Beckenwinkel

3.1.9. Maße der Beckenschaufeln

3.2. Zusammenfassung aller außerhalb der Standardabweichung gelegener Werte

IV. GEFÄSSDARSTELLUNG

V. BEISPIELE PATHOLOGISCHER SKELETTENTWICKLUNGEN

VI. DISKUSSION

6.1. Längenwachstum der langen Röhrenknochen

6.2. Handlänge

6.3. Fußlänge

6.4. Schädelmaße

6.5. Thorax, Rippen

6.6. Brachymesophalangie, Klinodaktylie

6.7. Beckenmaße, Beckenwinkel

6.8. Röntgenologische Erkennbarkeit chromosomaler Aberrationen

VII. ZUSAMMENFASSUNG

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

IX. TABELLARISCHER ANHANG

Einleitung

Die röntgenologische Untersuchung der foetalen Skelett- und Gefäßentwicklung war bisher nur selten Gegenstand eingehender Untersuchungen.

Die Xeroradiographie bietet auf Grund ihrer besseren phototechnischen Darstellung eine möglichst genaue Meßbarkeit des Skelettwachstums in Größe und Form. Der Vorteil der Xeroradiographie ist die simultane Darstellung von Skelett und Weichteilen auf einem Bild. Auch die Gefäßdarstellung ist zusätzlich möglich.

Neben der normalen Skelett- und Gefäßentwicklung ist es Aufgabe dieser xeroradiographischen Untersuchung pathologische Formen möglicher chromosomal bedingter Fehlentwicklungen darzustellen und zu erkennen.

I. Allgemeiner Teil

=====

1.1. Geschichte und Technik der Xeroradiographie

Die Xeroradiographie ist eine Methode der Röntgen-diagnostik, bei welcher das Bild nicht durch einen photographischen, sondern durch einen elektrischen, also rein physikalischen Vorgang zustande kommt. Dunkelkammern oder chemische Lösungen sind nicht erforderlich.

Die Geschichte der Elektroradiographie bzw. Xerographie kann man bis Lichtenberg im Jahre 1777 zurückverfolgen; er hatte damals elektrische Ladungen auf Isolatoren sichtbar gemacht (Lichtenberg-Figuren).

Die erste Elektroradiographie eines menschlichen Körperteils, einer Hand, stammt aus dem Jahr 1903 von Righi aus Bologna (46). Das elektrostatische Ladungsbild entstand auf einer Scheibe aus Ebonit durch eine von Röntgenstrahlen ionisierte Luftschicht. Das Bild wurde mit Hilfe eines positiv-negativ geladenen Schwefel-Mennige-Pulver sichtbar gemacht (43). 1905 und 1906 haben Gabritschewski (18) und Rücker (48) das Verfahren umgekehrt, wie es im Prinzip auch heute noch bei der Xeroradiographie angewandt wird.

Das Ladungsbild entstand durch eine partielle Entladung einer zuvor gleichmäßig aufgeladenen Isolatorplatte durch Röntgenbestrahlung. Dieses Verfahren geriet viele Jahre in Vergessenheit und wurde 1937 in Amerika von dem Physiker und Patentanwalt Chester F. Carlson (10) erneut bearbeitet.

Das elektrostatische Ladungsbild wurde mit Hilfe einer photoleitfähigen Schwefelschicht hergestellt, wobei der Schwefel später durch das weitaus empfindlichere amorphe Selen ersetzt wurde, dessen hohe Photoleitfähigkeit bereits 1926 von Gudden und Pohl (19) nachgewiesen worden war.

1950 und 1951 hat Mc Master (35) dieses Aufnahmeverfahren in die Medizin eingeführt, geprüft und in den folgenden Jahren setzten verstärkt Versuche ein, dieses Verfahren unter dem Namen "Xeroradiographie" zu verbessern (5, 24, 25, 26, 41, 43). Heute steht ein vollautomatisch arbeitendes xeroradiographisches System zur Verfügung (Rank Xerox), bei deren Entwicklung sich Wolfe (64) und Lutterbeck (32) besondere Verdienste erworben haben.

Die Technik des xeroradiographischen Systems sei hier kurz erläutert (Abb. 1). Das System besteht aus einem kleineren Ladegerät (Conditioner) und dem größeren Entwicklungsgerät (Processor).

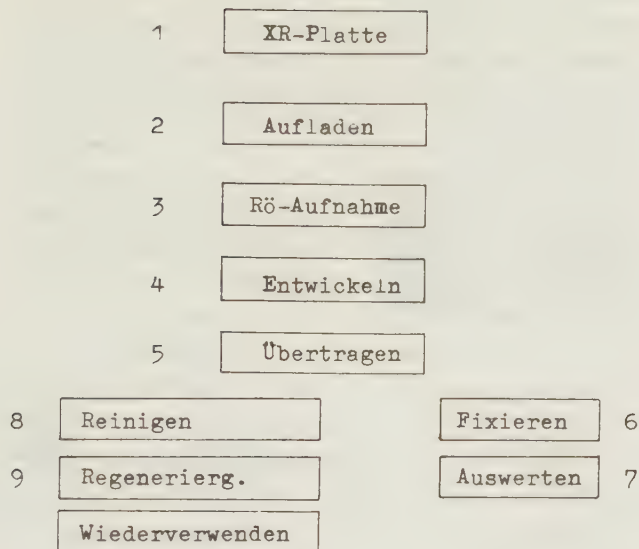


Abb. 1 Xeroradiographisches
Arbeitssystem (4)

Das Ladegerät vereinigt in sich zwei Funktionen: die homogen elektrostatische Aufladung der Halbleiter-Selen-Platte mittels eines Corotrons auf 1000 bis 1600 Volt und die Speicherung der vorher vollständig entladenen Selenplatten.

Im Ladegerät wird die Selenhalbleiterplatte unter bestimmten Voraussetzungen aufgeladen und dann automatisch in einer lichtdichten, für Röntgenstrahlen durchlässigen Kunststoffkassette gelagert. Vor der Speicherung werden die Selenplatten kurz erhitzt, um verbliebene Restladungen, sogenannte Schattenbilder (43) zu löschen. Die frisch

aufgeladene Selenhalbleiterplatte kann wie ein unbelichteter Röntgenfilm verwendet werden; zu starker Druck auf die Kassetten sollte jedoch wegen der Gefahr von Teilentladungen vermieden werden.

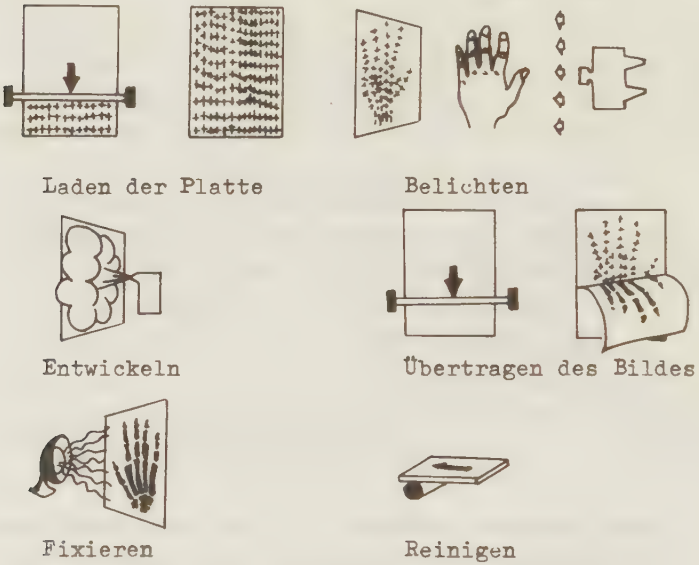


Abb. 2 Vereinfachte Darstellung des Xeroradiographischen Verfahrens (Betriebsanl. Rank Xerox)

Die größere Einheit, das Entwicklungsgerät hat vier Hauptfunktionen:

Es entleert die belichteten Selenplatten aus der Kassette und entwickelt das elektrostatische Ladungsbild auf der Selenplatte mittels elektrisch entgegengesetzt aufgeladenen Kunststoffpulverteilchen (blauer Toner), die gleichmäßig auf die Selenplatte versprüht worden sind, wo sie sich entsprechend ihrer entgegengesetzten Ladung ablagern.

Der dritte Vorgang ist die Übertragung des Pulverbildes der Selenplatte auf eine Kunststoffpapierfolie nach Erhitzen, positiver Aufladung des Papiers und gleichzeitiger teilweiser Entladung der ebenfalls positiv geladenen Selenhalbleiterplatte durch negativ geladene Ionen der Luft.

Durch Andruck der Papierfolie an die Selenplatte wird das Pulver in dem durch die Wärme erweichten Kunststoffüberzug des Papiers fest fixiert.

Zum Schluß wird die Platte in dem Entwicklungsgerät gereinigt, in die Vorratskassette zurückbefördert und der fertige Papierabzugerscheint im Auswurf.

Der Entwicklungsvorgang dauert insgesamt ungefähr 100 Sekunden.

1.2. Grundlagen der embryonalen und foetalen Skelettentwicklung

Beim menschlichen Embryo bilden sich in Übereinstimmung mit der Phylogenie in der 7. Woche zuerst Ossifikationszentren für einige Bindegewebsknochen, Schlüsselbein und Kiefer, denen sich bald weitere anschließen, während das knorpelige Skelett noch unverändert bestehen bleibt. Von der 8. Woche ab beginnt jedoch auch dieses zu verknöchern und zwar die Rippen, die langen Röhrenknochen der Extremitäten, Schulterblatt, Darmbein, Hinterhauptsschuppe, später die Wirbelbogen und letztlich die Wirbelkörper. Ab Mitte des dritten Monats wird die Anzahl der Ossifikationszentren schon so beträchtlich, daß bis zur Geburt nur noch wenige neue hinzutreten (Abb. 3 und 4).

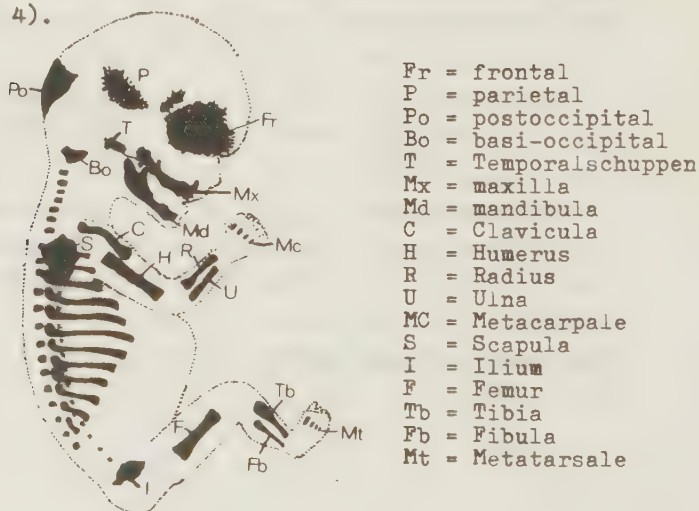


Abb. 3 Zeichnung eines 13 Wochen alten Foeten (Kelly).

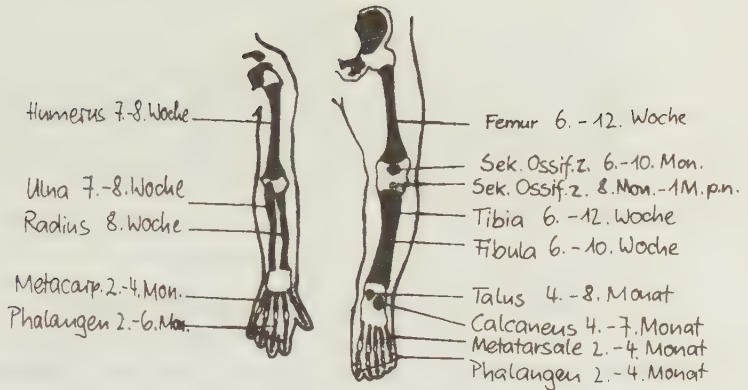


Abb. 4 Zeitschema für das Erscheinen primärer Ossifikationszentren in den Schäften der langen und kurzen Knochen während des foetalen Wachstums (Kelly)

Nach der Art der Entwicklung wird die Knochenentstehung in zwei Gruppen zusammengefaßt, in desmale und enchondrale Ossifikation:

a) desmale Ossifikation:

Aus Mesenchymzellen entstehen Osteoblasten, die dann beginnen, eine kollagene Substanz zu sezernieren, den sogenannten Vorknochen oder das Osteoid. Nach einiger Zeit verwandelt sich der Vorknochen in Knochenmatrix, verkalkt dann und bildet das primäre Ossifikationszentrum.

Im Verlauf der weiteren Ossifikation entstehen eine Reihe von nadelförmigen Knochenbälkchen, die

sich vom primären Ossifikationszentrum immer weiter strahlenförmig gegen die Peripherie ausbreiten. Folgende Knochen unterliegen dieser Entstehungsart: Schlüsselbein, Hinterhauptsschuppe, Stirnbein und Scheitelbein.

b) enchondrale Ossifikation:

Dieser unterliegen alle anderen Knochen.

Etwa in der 7. Woche sind diese aus hyalinem Knorpel als "Modelle" angelegt. Der knöcherne Umbau dieses Knorpels geht von der ihn umhüllenden bindegewebigen Knorpelhaut, dem Perichondrium aus. Es dringt eine Gefäßknospe in das Zentrum des Knorpels ein und löst an dieser Stelle den Knorpel auf. Der so entstandene knorpelfreie Raum ist der primäre Markraum, der geschaffene Kanal der "Ernährungskanal."

Von der Diaphyse aus schreiten nun der Knorpelabbau und der Knochenaufbau Hand in Hand in proximaler und distaler Richtung fort.

An den Enden der Röhrenknochen bleiben bis zur Geburt ziemlich beträchtliche Stücke, die Epiphysen, knorpelig. Die Verknöcherung dieser beginnt rein enchondral und man spricht hierbei von sekundären Ossifikationszentren. Diese erscheinen gewöhnlich nach der Geburt, mit zwei Ausnahmen, dem distalen Epiphysenkern des Femurs und seltener, dem proximalen Epiphysenkern der Tibia. (7)

Bis zur Entwicklung aller übrigen Epiphysenkerne und der accessorischen Kerne in den knorpeligen Vorsprüngen der Skeletteile vergeht noch eine Reihe von Jahren. Manche Röhrenknochen (an Hand und Fuß) entwickeln nur einen Epiphysenkern.

In den kurzen und platten Knochen verläuft die Ossifikation enchondral und beginnt meist etwas später als an den langen Röhrenknochen, bei mehreren sogar erst nach der Geburt (Literatur 28, 63, 30)

Über das röntgenologische Abschätzen des Skelettwachstums und der Entwicklung, ihrer Verlässlichkeit und der Einflußfaktoren berichtet Kelly (23).

Man unterscheidet die Erscheinungszeit des Knochenkerns, während welcher dieser in absolut verschiedener Größe im Röntgenbild sichtbar werden kann und die Zeit seiner konstanten Anwesenheit. Fehlt er zu letzterem Zeitpunkt, so ist dies ein Abweichen von der Norm, ebenso auch das Umgekehrte: wenn er zur Zeit, wo der Knochen normalerweise erst knorpelig präformiert ist, im Röntgenbild bereits sichtbar erscheint.

Der Beginn der Verkalkung der Knochenkerne setzt, selbst bei normaler Skelettentwicklung, nach der Ansicht der meisten Autoren (54, 55, 60, 15, 6, 16, 45) nicht symmetrisch, d.h. auf beiden Körperseiten vollständig gleichzeitig, ein. So bilden sich die Knochenkerne bei verschiedenen gesunden, gut entwickelten Individuen auch nicht stets in gleicher Reihenfolge aus. Manchmal sind diese, manchmal jene Knochenkerne in der Entwicklung voran. In keinem Fall darf man sich deshalb bei der Beurteilung auf den Entwicklungsgrad eines einzelnen Knochenkernes stützen.

Die Erscheinungszeit und die Zeit der konstanten Anwesenheit primärer und sekundärer Ossifikationszentren ist in nachstehender Tabelle zusammengefaßt. Die verwendeten Angaben wurden aus der bereits angeführten gesamten Literatur zusammengestellt.

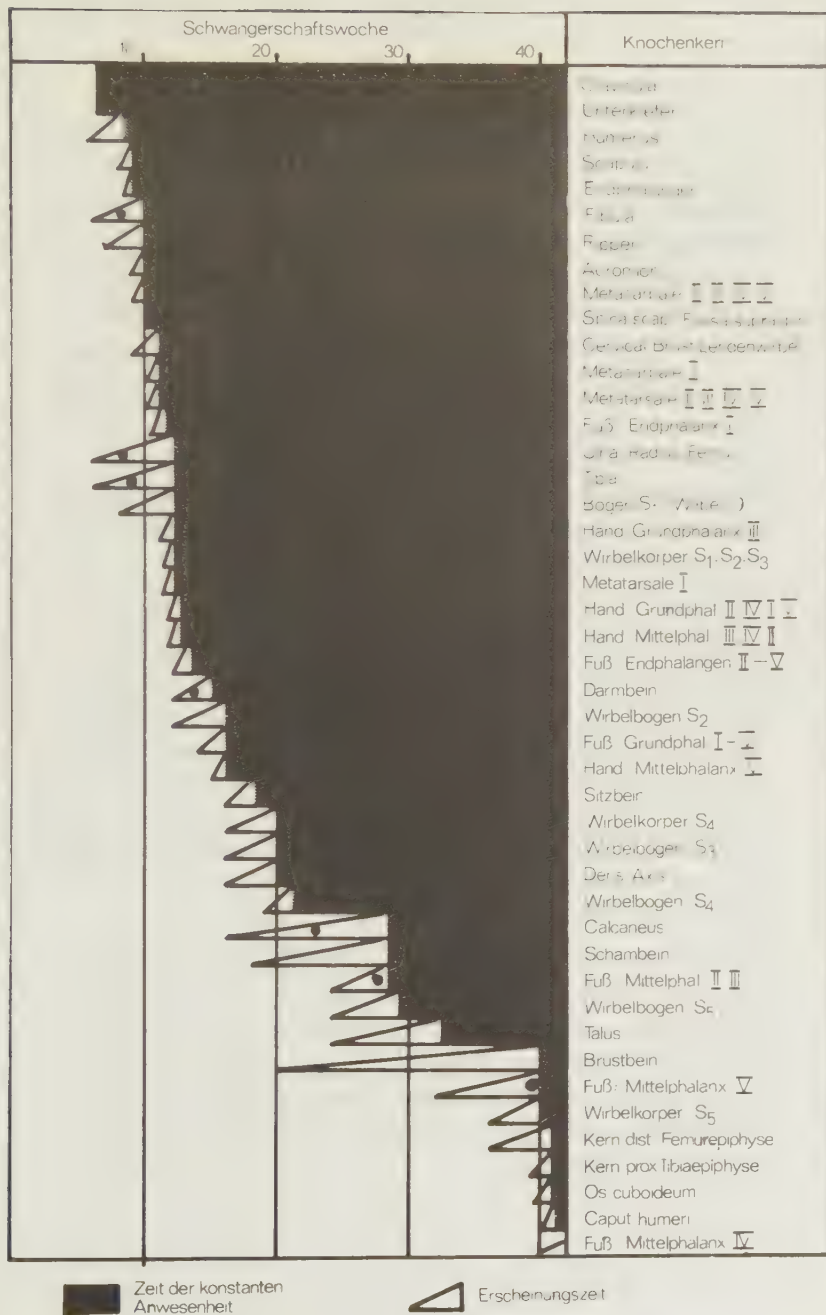


Abb. 5 Auftreten der Ossifikationszentren bei Embryonen und Foeten

1.3. Aufstellung der wichtigsten Veränderungen bei den Trisomien 13, 18 und 21

Trisomie 21 (47, **XX**, +21 oder 47, **XY**, +21; Down-Syndrom) ist die häufigste autosomale Anomalie des Menschen; sie kommt mit einer Häufigkeit von 1:650 Lebendgeburten vor. Diese Chromosomenanomalie führt zum klinischen Syndrom des Mongolismus.

Die charakteristischen Gesichtszüge von Kindern mit Down-Syndrom sind den meisten Menschen bekannt: flaches, breites Gesicht, Epikanthus, gefaltete, heraushängende Zunge, Vierfingerfurche, Verkrümmung und Verkürzung des V. Fingers, Überdehnbarkeit der Gelenke, abgeflachtes Hinterhaupt (34).

Trisomie 18 (47, **XX**, +18 oder 47, **XY**, +18; Edwards-Syndrom). Die Trisomie 18 kommt einmal pro etwa 5000 Geburten vor; nach einer Anzahl von Berichten (34) tritt diese Krankheit jedoch in bestimmten Gegenden gehäuft auf. Es liegt nahe, daß Umweltfaktoren wie epidemiale Virusinfektionen mit der plötzlich auftretenden Häufung dieser Trisomie an bestimmten Orten in ursächlicher Beziehung stehen. Mädchen sind häufiger von dieser Krankheit betroffen als Jungen (Verh. 3 : 1).

Häufig werden beobachtet: langer Hinterkopf, Mikrognathie, kleiner Mund (Mikrostomie), weit auseinanderliegende Augen (Hypertelorismus), tiefsitzende, längliche Ohren und fest zur Faust gebeugte Finger. Dabei liegt der Zeigefinger charakteristischer Weise über dem Mittelfinger und der kleine Finger über dem Ringfinger.

Trisomie 13 (47, XX, +13 oder 47, XY, +13); Patau-Syndrom). Es ist wahrscheinlich, daß der Syndromcharakter der in Zusammenhang mit der Trisomie des Chromosoms 13 auftretenden schweren Mißbildungen schon lange bekannt war, bevor gezeigt werden konnte, daß es sich um eine Chromosomenanomalie handelt (34). Wie die Trisomie 18 kommt auch die Trisomie 13 einmal bei ungefähr 5000 Geburten vor.

Die betroffenen Kinder wirken im wesentlichen durch Lippen- und Gaumenspalten, kleine oder fehlende Augen und durch einen kleinen Kopf mit fliehender Stirn schwer mißgebildet. Als andere auffällige Zeichen kommen überzählige Finger und Zehen (Polydactylie) und Anomalien der äußeren Genitalien vor, vor allen Dingen bei Jungen. Befunde wie ein großer Augenabstand, ein kleines Kinn, tiefsitzende, mißgebildete Ohren, "Timpenlöcherfuß", kurze Großzehe und Herzfehler kommen bei Trisomie 13 und 18 vor.

Tab. 1 Anomalien an Patienten mit Trisomie 18

Körperteil	in über 50% aller Fälle	in 10-50% aller Fälle
Allgemeines	3:1 - Verteilung weibl.:männl. intrauterines Wachstumsdefizit	
Schädel	prominentes Hinterhaupt	breite Fontanellen
Hand	Finger gebeugt, Zeigefinger liegt über dem 3., der 5. liegt über dem 4. Finger	ulnare bzw. radiale Devia- tion Hypoplasie des Daumens
Fuß	kurze, dorsalflexierte Großzehe	Equinovarus, Syndaktylie vom 2. und 3. Zehen
Thorax	kurzes Sternum	breiter Brustkorb
Becken u. Hüfte	schmales Becken, eingeschränkte Hüftabduktion	
Herz	Ventrikelseptumdefekt	
sonstiges	nur eine Umbilicalarterie	

Tab. 2 Anomalien, welche bei Trisomie 18 gelegentlich auftreten

Körperteil	
Schädel	"überlappende Suturen" (overriding sutures)
Hand	Syndactylie III. und IV. Finger, Polydaktylie, kurze Metacarpale V
Skelett	Rippenanomalien, Skoliose, Hüftluxation, Radiusaplasie, seichte, erweiterte Sella, unvollst. Ossifik. der Clavicula
Kreislauf	Transposition, Rechtssherz, rechter Aortenbogen

Tabelle 3 Anomalien bei Trisomie 13

Körperteil	in über 50 % der Fälle	in 10 - 50 % aller Fälle
Allgemeines		intrauterines Wachstumsdefizit
Schädel	flache Stirn	Microcephalus, weite Sagittalnähte
Mund und Kiefer	Lippen- und(oder)Gaumenspalte	
Hand	Beugung der Finger, Klindaktylie, Polydaktylie	überdehnbarer Daumen, Ulnardeviation, Synost.V.Finger
Fuß	Polydaktylie, nach hinten vorspringende Ferse	Syndaktylie, Equinovarus

Tab. 4 Anomalien bei Trisomie 21

Körperteil	in über 50% aller Fälle	in 10-50% aller Fälle
Allgemeines		intrauterines Wachstumsdefizit
Schädel	klein, brachycephal, eingesunkene Nasenwurzel	
Hand	Klinodaktylie mit Brachymesophalangie des V. Fingers	kurz und breit, wobei die Finger rel. zur ges. Handlänge zu kurz sind
Thorax		11 Rippenpaare, 3 Ossifikationszentren des Manubrium sterni
Becken	iliasaler Index ⁺ unter 60 verkürzter cranio-caudaler, verbreiteter lateraler Durchmesser des Os ilium	
Fuß		kurz, breit und dick, Zehenabstand zw. Großzehe u. 2. Zehe vergrößert
Kreislauf	Transposition der großen Gefäße	

⁺siehe Material und Methode

II. Material und Methode

=====

2.1. Material

2.1.1. Technisches Gerät

Zur Verfügung standen in der Klinik Röntgenanlagen der Firma Siemens sowie das Rank Xerox System 125 der Firma Rank Xerox.

Um Foeten zu Vergrößerungszwecken bei Mikrofokusaufnahmen höher in den Strahlengang bringen zu können, wurde eine röntgenstrahldurchlässige Kunststoffplatte gewählt.

Zur Füllung und Gefäßdarstellung wurden Kontrastmittel Lipiodol^R, verdünnt mit Oleo olivarium im Verhältnis 1:4, Lymphographienadeln, Knopfsonden und mehrere Einmalspritzen zur Injektion verwendet.

2.1.2. Untersuchtes Material

Insgesamt standen 29 Foeten zur Verfügung, davon waren 14 männlich und 15 weiblich.

Alter der Foeten: 10. bis 40. Schwangerschaftswoche.

Die Foeten stammen alle aus der I. und II. Frauenklinik der Ludwig-Maximilians-Universität München. *)

*) An dieser Stelle möchte ich den Herren Prof. Zander, Priv.-Doz. Dr. Lochmüller (siehe Dankagung) von der I. Frauenklinik und den Herren Prof. Richter und Prof. Welsch von der II. Frauenklinik für die freundliche Unterstützung meinen Dank aussprechen.

2.2. Methode

2.2.1. Xeroradiographische Methode

Die Xeroradiographie wurde bisher an der Klinik und Poliklinik für Radiologie in München in erster Linie zur Diagnostik der Mamma, des Skeletts und der Weichteile (z.B. Extremitäten, Schädel und Halsweichteile) bei Erwachsenen herangezogen. Um diese Technik auf unsere Untersuchungsobjekte anwenden zu können, waren eine Reihe eigener Untersuchungen wie folgt anzustellen: 1. Belichtungsspielraum, 2. Kontrast, 3. Wahl des Positiv- oder Negativverfahrens, 4. Randverstärkungseffekt. Für diese genannten Fragestellungen wurden Xerographien von einem Poeten (in a.p. Strahlengang) und von einer Aluminiumtreppe unter den entsprechenden Bedingungen angefertigt.

2.2.1.1. Belichtungsspielraum

Folgende Einstellungen wurden vorgenommen:

Die Aufnahmen wurden alle im Positivverfahren angefertigt und mit Belichtungswerten von 45 KV bis 120 KV (mAs variabel) exponiert. Dabei kommt man zu folgendem Ergebnis:

Spannungen unter 100 KV zeigten keine brauchbaren Ergebnisse (siehe Kontrast und Randverstärkungseffekt). Röhrenspannungen zwischen 100 KV und 120 KV ergaben keinen nachweisbaren Unterschied in der Detailerkennbarkeit. Damit ist es möglich, mit einem konstanten Spannungswert bei der Xeroradiographie zu arbeiten.

Der Belichtungsspielraum ist bei der Xeroradiographie sehr groß. Das ist durch die Abhängigkeit des Randverstärkungseffekts von der Ladungsdichtedifferenz bedingt, wobei die Ladungsdichtedifferenz bei einer bestimmten Dosis ein Maximum hat und sich im Bereich um dieses Maximum wenig ändert (43).

Der Belichtungsspielraum wurde mit Untersuchungsobjekt (Foet) und mit Hilfe eines Alu-Stufenkeils ermittelt.

Versuchsanordnung:

Alukeil mit acht Stufen (Dicke der Stufen=2mm), Fokusdetektorabstand 1 m. Es wurden Xeroradiogramme und Röntgenfilmaufnahmen angefertigt und verglichen. Es wurde der mAs - Wert bestimmt, bei dem der Stufenkeil gerade noch sichtbar war. Ergebnis siehe Abb. 6.

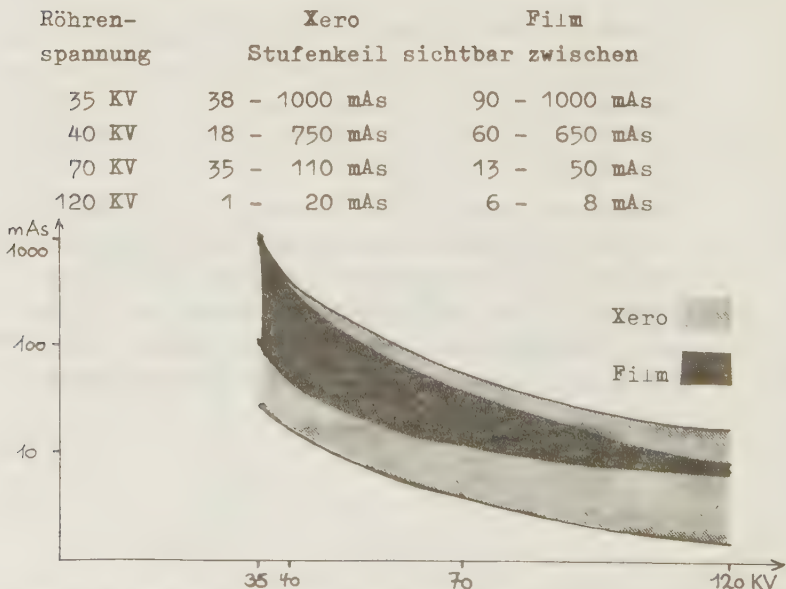


Abb. 6 Belichtungsspielraum Xeroradiographie - Röntgenfilm

Die Überbelichtung trat von einer Zeitstufe zur anderen ein, während bei der Unterbelichtung ein so deutlicher Sprung nicht zu beobachten war. Hierbei kam es bei Verminderung der Belichtungszeit zu einer allmählichen Bildverschlechterung. Deshalb sollte man sich vor allem aus Gründen des Strahlenschutzes nach einem unteren mAs-Wert bzw. nach einer höheren Spannung hin orientieren.

2.2.1.2. Einfluß der Ladungsspannung der Selenplatte und der Bilddichte auf die Detailerkennbarkeit

Das Ladungsgerät des Rank Xerox 125 Gerätes verfügt über einen Kontrastregler. Dabei bedeutet B Aufladung der Selenplatte mit 975 V, C 1300 V und D eine Aufladung mit 1600 V.

Am Entwicklungsgerät kann zusätzlich bei Verwendung des Negativverfahrens die Entwicklungsdichte (Density control) variiert werden. Es wird dabei die Anzahl der Aufblasungen des Bildpulvers auf die belichtete Platte verändert. Stellung B = 9 Aufblasungen, C = 18 und D = 26 Aufblasungen. (Im Positivverfahren sind es konstant 9 Pulverstöße).

Ergebnis der Untersuchung:

die stärkste und die schwächste Aufladung ist nicht so günstig, die Bildqualität nimmt mit stärkerer Aufladung zu. Für die Abbildungsgüte ist die beste Kombination für die hier benötigten Aufnahmen beim Negativ- und Positivverfahren die Stellung C/C = 1300 V.

2.2.1.3. Wahl des Positiv- oder des Negativverfahrens

Nach Meinung von Reinhard et al. (44) hängt die Wahl des Entwicklungsverfahrens weniger vom unterschiedlichen Bildumfang als vom subjektiven Farbempfinden des Betrachters ab. Im allgemeinen wendet man das Negativverfahren in der Skelett- und das Positivverfahren in der Weichteildiagnostik an (64).

Für unser Untersuchungsmaterial wählten wir das Positivverfahren, das eine zuverlässigere Auswertung und eine bessere Reproduzierbarkeit ermöglicht. Als Beispiel sei der größere Belichtungsspielraum beim Positivverfahren angeführt. Das Negativverfahren zeichnet bei leichter Unterbelichtung auf den Negativen in den dichteren Bereichen zuviel "weiß" und setzt die Abbildungsgüte herab.

2.2.1.4. Randverstärkungseffekt

Bei der Xeroradiographie tritt ein sogenannter "Edgeeffect" oder Randverstärkungseffekt auf, d.h. es kommt im Grenzbereich zu stärker aufgeladenen Arealen der Selenplatte (z.B. Knochen gegenüber Weichteilen) bzw. zu einer zusätzlichen Ablagerung von Bildpulver. Damit werden Grenzlinien zwischen Bereichen unterschiedlicher Dicke oder Dichte auf dem Xeroradiogramm besser als auf dem Röntgenfilm erkennbar.

Dieser Effekt bringt eine etwas größere Genauigkeit für die Skelettmessung. Eine Gefahr besteht im Kanteneffekt bei Röhrenspannungen von 35 bis 70 KV,

da teilweise durch Überstrahlung die Meßwerte ungenau werden können. Eine ausreichende Meßgenauigkeit ergibt der optimale Spannungsbereich von 100 bis 120 KV.

Aus den vorangegangenen Untersuchungen hat sich gezeigt, daß die xeroradiographische Bearbeitung foetalen Untersuchungsmaterials der bisherigen röntgenologischen Untersuchungstechnik überlegen ist und zu genaueren Ergebnissen führt. Die Röntgenaufnahme ist beim Foeten im Kontrastumfang zu groß. Ein Xeroradiogramm kann zudem in Aufsicht bequemer als eine Röntgenaufnahme im Durchlicht betrachtet werden.

2.2.2 Röntgenaufnahmetechnik

Als Strahlungsquellen dienten Diagnostikröhren mit Normalfokus (0,5 mm Kantenlänge) und Mikrofokus (0,1 mm Kantenlänge) der Fa. Siemens. Der Abstand Fokus - Selenplatte betrug bei allen Aufnahmen einheitlich 100 cm (der Abstand wurde exakt Fokus bis unterer Rand der Plattenkassette gemessen), das Objekt wurde immer direkt über die Platte gebracht. Die Kassette lag dabei unmittelbar auf dem unter der Röhre befindlichen Tisch.

Zur besseren Auflösung von Skelettdetails wurde ausserdem zur Aufnahme eine Mikrofokusröhre verwendet. Wie die Abbildung 7 verdeutlicht, wurde das Objekt dabei so in den Strahlengang gebracht, daß der Fokus - Objekt - Objekt - Plattenabstand das Verhältnis 3:2 aufwies. Dieser Abstand erwies sich bei vorausgegangenen Versuchen als der günstigste. Bei der kleineren Kantenlänge des Fokus (von 0,1 mm)

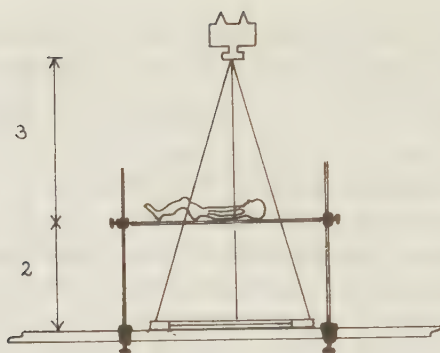


Abb. 7 Versuchsaufbau für Mikrofokusaufnahmen

war die geometrische Unschärfe durch den vergrößerten Objekt - Plattenabstand von 3:2 noch erträglich.

Diese Mikrofokusaufnahmen wurden vor allem bei pathologischen Befunden gemacht und erlaubten eine wesentlich bessere Detailerkennbarkeit. Mikrofokusaufnahmen eigneten sich besonders gut zur Darstellung entwicklungsgeschichtlicher Vorgänge.

2.2.3. Gefäßdarstellung

Um das Gefäßsystem bei Foeten darzustellen, wurde versucht, Kontrastmittel, welches normalerweise zur Lymphographie verwendet wird, in die Nabelvene oder in eine der beiden Nabelarterien zu injizieren.

Voraussetzung für eine einwandfreie Füllbarkeit ist, daß der jeweilige Foet nicht bereits mazeriert war. Bei Foeten mit Mazerationerscheinungen oder nach Tiefkühlung war eine gute Gefäßdarstellung nicht mehr möglich, da Teile des Organismus bereits zer-

setzt oder Gefäße durch Thromben verschlossen waren, die dann unter dem Druck des einströmenden Kontrastmittels platzten.

Um gute angiographische Bilder zu erhalten, wurde Lipiodol^R mit Oleum olivarum im Verhältnis 1:4 verdünnt, Lipiodol^R in normaler Konzentration brachte zu harte Kontraste und Überstrahlungen. Die Vermengung des Lipiodol^R mit Oleum olivarum erwies sich nach mehreren Versuchen als die günstigste Verdünnungssubstanz.

2.2.4. Meßverfahren an den gewonnenen Bildern

Wichtig bei der Beurteilung von Röntgenbildern ist die Tatsache der perspektivischen Projektion, die zu einer Vergrößerung der Objekte führt (Abb. 8).

Es werden alle nicht unmittelbar der Platte anliegenden Teile zunehmend mit der Entfernung des Objekts von der Platte vergrößert.

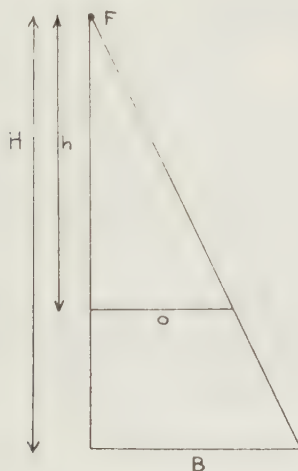


Abb. 8 Objektvergrößerung durch perspektivische Projektion

Ist H. die Entfernung des Fokus F von der Platte, o das Objekt, h dessen Entfernung vom Fokus und B das Bild des Objekts auf der Platte, so ist dessen Größe

$$B = \frac{o \times H}{h}$$

In der vorliegenden Arbeit gelangten nur relativ dünne Objekte zur Darstellung, die plan auf der Platte zu liegen kamen; die Fehler sind daher beim gewählten Fokus - Selenplatten - Abstand nur unbedeutend und zu vernachlässigen.

Gemessen wurde grundsätzlich bei allen Foeten soweit möglich: Scheitel - Steiß - Länge, Gesamtlänge, Längen der einzelnen Extremitäten, Länge und Breite der einzelnen Extremitätenknochen, Schädelgröße, Basalwinkel, Beckenwinkel und Beckenschaufeln.

Für diese speziellen Messungen ergaben sich folgende Methoden:

Schädelmaße:

Position: AP und lateral

Maße: Br= größter Querdurchmesser des Schädels in AP - Projektion

L = größte Länge von Glabella bis Opisthocranium

H = Schädelhöhe von der Basis bis zur Spitze

Der Modulus $M = \frac{L + H + Br}{3}$ ist ein besserer Index

für die Schädelgröße als ein einziger Durchmesser (31)

Der Cephale Index $CI = \frac{Br}{L} \times 100$ charakterisiert die Schädelform:

CI = 75 bis 84	Mesocephaler Schädel
CI = 84 und größer	Brachycephaler Schädel
CI = 75 und kleiner	Dolichocephaler Schädel

Basalwinkel:

Position:	genau lateral
Maße:	1 = eine Linie von der Nasenwurzel bis in die Mitte der Sellagrube
	2 = eine Linie von dort bis zum vorderen Rand des Foramen magnum

Oberarm:	Position:	lateral
	Maß:	Länge vom Acromion bis Ellbeugenmitte (innere Ellbeugenfalte)

Unterarm:	Position:	lateral
	Maß:	Lange Ellbeugenfalte bis Handfalte

Handlänge:	Position:	AP
	Maß:	Abstand von der medialen Ecke der Ulnarverkalkungszone bis zum äußeren Rand der Weichteilkontur der Mittelfingerkuppe

Oberschenkel- länge:	Position:	lateral
	Maß:	Abstand Analfalte bis Mitte Knie

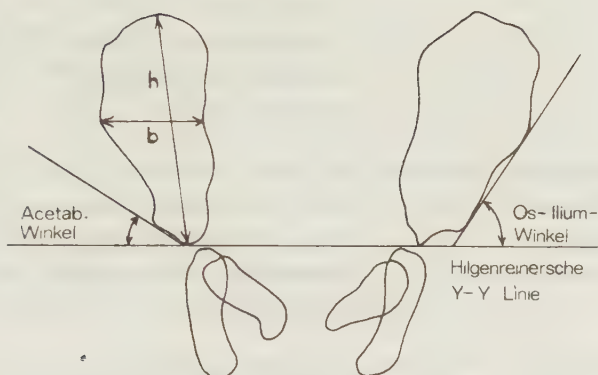
Unterschen-

kellänge: Position: lateral
Maß: Abstand Mitte Knie bis Mitte
Knöchel

Fußlänge: Position: lateral oder AP
Maß: Abstand vom posterioren Rand
der Ferse bis zur Weichteil-
kontur der 1. oder 2. Zehen-
kuppe (je nachdem, welche
größer ist)

Becken-

winkel: Position: AP
Maß: Iliacaler Winkel und Acetabu-
larwinkel



Auf die Hilgenreinersche Linie, die durch die Y - Knorpel gelegt wird, konstruiert man:

1. die Acetabulumwinkel und 2. die Os - Ilium - Winkel.

Der daraus berechnete Iliacale Index beruht auf der Formel

$$\text{Iliac.Ind.} = \frac{\text{Beide Acetabulum-Winkel}}{2} + \frac{\text{Beide Os-Ilium-Winkel}}{2}$$

Er stellt eine absolute Zahl dar, der die Summe der Durchschnittswerte je beider Winkelmessungen in Graden addiert. Bei Dezimalstellen wird jeweils das erste Mal aufgerundet, wenn dies bei beiden Werten vorliegt, das zweite Mal abgerundet, so daß der Iliacale Index immer eine volle Zahl ergibt.

Beckenschaufeln: Position: AP

Maß: größte Länge beider
Beckenschaufeln zu-
sammen / 2
größte Breite beider
Beckenschaufeln zu-
sammen / 2

Knochenmaße von: Position: AP oder lateral

Humerus, Radius, Maß: max. Breite proximal
Ulna, Femur, max. Breite distal
Tibia, Fibula Gesamtlänge der ein-
zelnen Knochen

Knochenmaße am: Position: AP oder lateral

IV. und V. Fin- Maß: A = Länge der End-
ger phalanx IV
B = Länge der Mittel-
phalanx IV
C = Länge der Grund-
phalanx IV
D = Länge des Meta-
carpale IV
b = Länge der Mittel-
phalanx V
c = Länge der Grund-
phalanx V

2.2.5. Faktoren, die das Meßergebnis beeinflussen

2.2.5.1. Projektionsfehler

Projektionsfehler treten leicht bei unterkühltem Untersuchungsgut auf, da in diesem Fall die Beweglichkeit gerade der Extremitäten erheblich eingeschränkt ist. Wir haben jedoch versucht, die Foeten mit Hilfe von Klebestreifen (Leukovlies^R) in ständig gleicher Art und Lage zur Aufnahme auf der Platte zu fixieren.

Zusätzlich wurden die gekühlten Foeten ganz kurz unter heißem Fließwasser soweit aufgewärmt, daß die Beweglichkeit nicht mehr beeinträchtigt war.

2.2.5.2 Konservierungsfehler

Meßfehler können bei nicht frischen Foeten entstehen, wenn diese zur Konservierung in Formalin gelegt werden. Untersuchungen zeigten in solchen Fällen Meßabweichungen von -5 % bis + 15 % (57, 51).

Bei unserer Untersuchung wurde aus diesem Grund Formalin als Konservierungsmöglichkeit nicht gewählt.

2.2.5.3. Wertung Scheitelsteißlänge - Gesamtlänge

Die Scheitelsteißlänge stellt einen besseren Bewertungsmaßstab als die Gesamtlänge dar, da diese durch Streckung des Foeten, speziell nach Rigor mortis oder auch nach Unterkühlung, nicht immer exakt wiedergegeben wird und sich dadurch Meßfehler einschleichen (51).

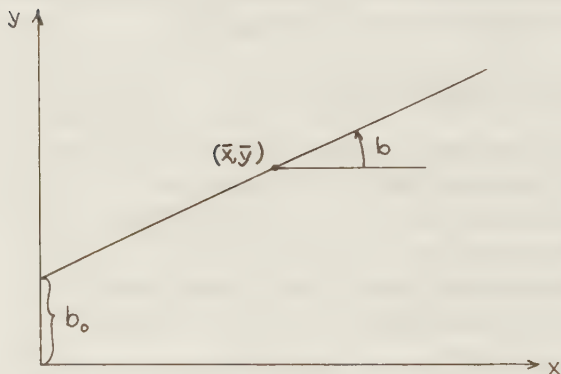
Wir verwendeten bei allen Messungen als Parameter die Scheitelsteißlänge

2.2.6. Statistische Grundlagen

Die statistische Auswertung erfolgte rechnerisch mit Hilfe eines Programmes für Regressionsfunktionen, welches in einen Rechner der Firma Hewlett & Packard, Model 10 Math - Pac V-2 eingegeben wurde. Die in den Ergebnissen verwendeten Abkürzungen entsprechen folgenden statistischen Begriffen:

Gleichung der Regressionsgeraden:

$$y - \bar{y} = b (x - \bar{x})$$



Regressionskoeffizient:

$$b_1 = b = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}$$

Mittelwerte:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad ; \quad \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

$\bar{x}$ und $\bar{y}$ sind Mittelwerte aller Mittelwerte.

Standardabweichung:

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} ; \quad s_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

Korrelationskoeffizient:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})}{s_x \cdot s_y}$$

Varianz:

ist das Quadrat der Standardabweichung.

Summe der Quadratabweichungen von der Regressionsgeraden:

$$\text{Reg SS} = \frac{[\sum (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})]^2}{\sum (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\text{Total SS} = \sum (y_i - \bar{y})^2$$

$$\text{Res SS} = \text{Total SS} - \text{Reg SS}$$

oder

$$q_2 = \underbrace{q}_{(n-1)s_y^2} - \underbrace{q_1}_{(n-1)s_x^2}$$

bei

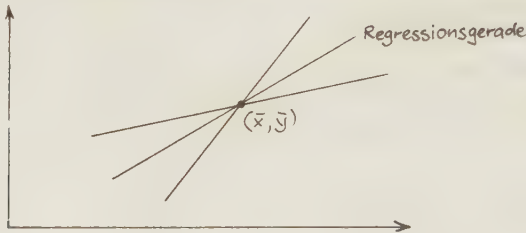
n-2 n-1 n Freiheitsgraden

$$\text{Reg MS} = \text{Regressionsmittelwert} = \text{Reg SS} = q_1$$

$$\text{Reg MS} = \frac{\text{Res SS}}{\text{Res-Freiheitsgrade}} = R_s = \frac{q_2}{n-2}$$

$$F \text{ Ratio} = \frac{\text{Reg MS}}{\text{Reg MS}} = \frac{q_1 (n-2)}{q_2} = v_0$$

Konfidenzintervall für den Regressionskoeffizienten
der Grundgesamtheit:



Als Konfidenzzahl γ wurde 0,95 gewählt.

Der Wert " t - Value " ist die Lösung der Gleichung

$$F(c) = \frac{1}{2} (1 + \gamma)$$

Das Konfidenzintervall ist

$$\{b_{1-1} \leq \beta \leq b_{1+1}\}$$

wobei

$$1 = \frac{c \sqrt{a}}{s_x \cdot \sqrt{(n-1) (n-2)}}$$

$$c = \frac{t_a}{2}, n-2 \hat{=} t - \text{Value}$$

$$a = q_2 \hat{=} \text{Res SS}$$

somit ist

$$1 = \frac{t\text{-Value} \cdot \sqrt{\text{Res SS}}}{s_x \sqrt{(n-1) (n-2)}}$$

LCL = lower confidence limit $\hat{=} b_1 - 1$

UCL = upper confidence limit $\hat{=} b_1 + 1$

Test der Hypothese $\beta = 0$

Dies bedeutet, daß y konstant ist.

Falls F Ratio $\leq$ t - Value ist, wird die Hypothese angenommen.

Die bei den Ergebnissen vorkommenden Abkürzungen stehen für :

n = Anzahl der Foeten

r = Korrelationskoeffizient

p = Irrtumswahrscheinlichkeit

$y = b_1(x - \bar{x}) + \bar{y}$ = Regressionsfunktion

l = Vertrauensgrenze

III. Ergebnisse

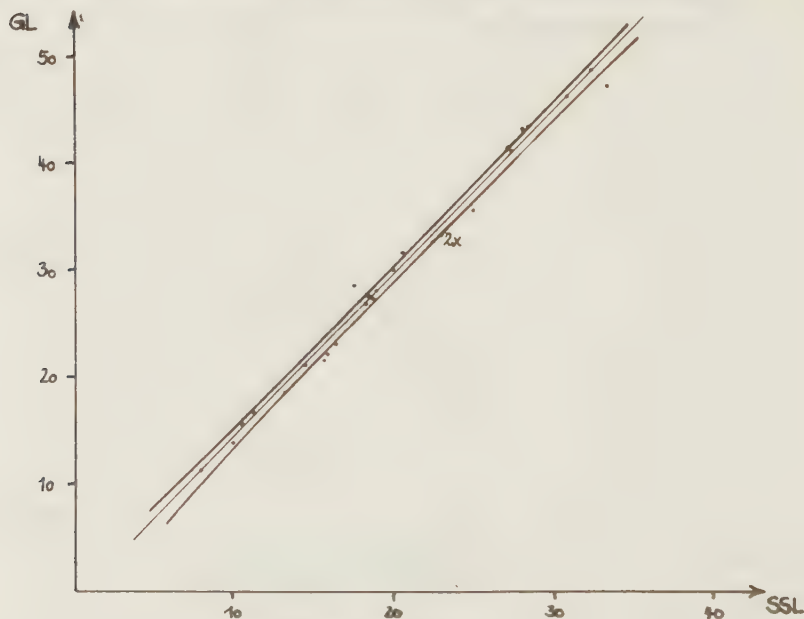
=====

3.1. Meßergebnisse

3.1.1. Körperlängen

Wir maßen von jedem Foeten die Scheitelsteiß- sowie die Gesamtlänge und ermittelten jeweils das Verhältnis der beiden Größen zueinander. Dabei ergaben sich Werte, die im Anhang in Tabelle 1 einzeln aufgeführt sind.

Die graphische Darstellung der Verhältnisse ist rechnerisch ermittelt und sieht folgendermaßen aus :



Kurve 1 : Gesamtlänge zu SSL

Statistisch ergaben sich folgende Werte:

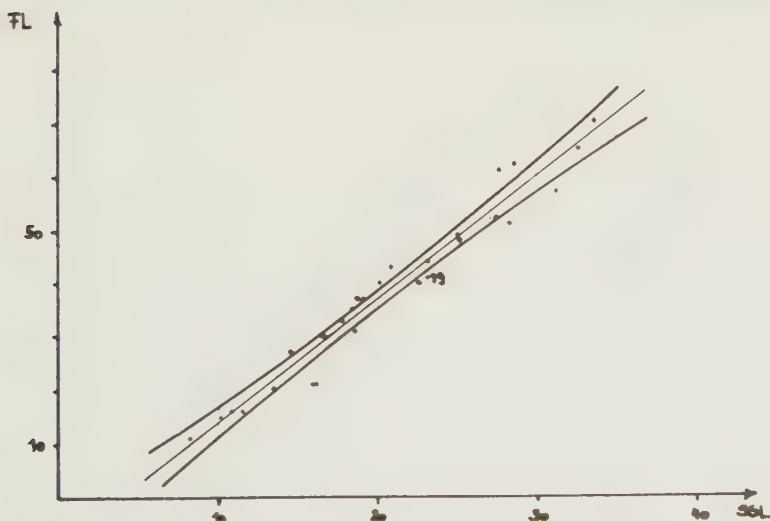
n = 28
r = 0.995
p = 0.05
y = $0.658x + 16.579$
l = $\pm 0,027$

3.1.2. Fuß- bzw. Handlänge im Vergleich zur SSL bzw. GL

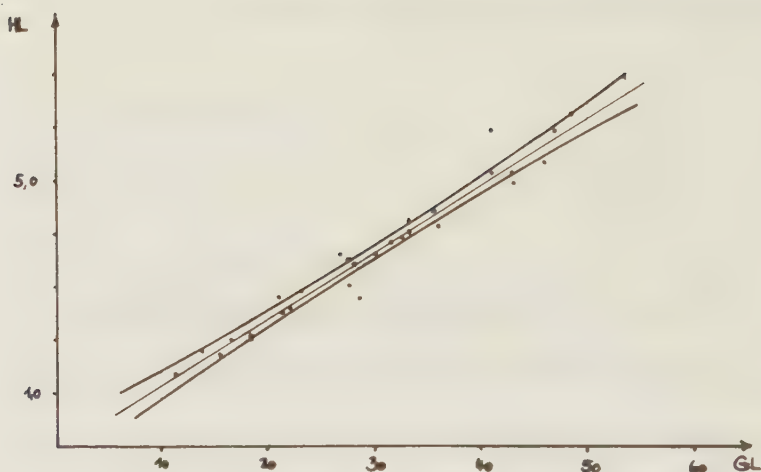
Es wurden diese Längen wie in II, 2.4 angegebener Art ermittelt.

Die Werte kann man aus Tabelle 2 im Anhang ansehen.

Die graphische Darstellung sieht im einzelnen wie folgt aus:



Kurve 2: Fußlänge im Vergleich zur Scheitelsteißlänge



Kurve 3: Handlänge im Vergleich zur Gesamtlänge

Statistisch ergaben sich folgende Werte:

Fuß / SSL :

$$n = 28$$

$$r = 0.987$$

$$p = 0.05$$

$$y = 2.304x - 9.079$$

$$l = \pm 0.197$$

Hand / GL :

$$n = 28$$

$$r = 0.977$$

$$p = 0.05$$

$$y = 1.252x - 1.151$$

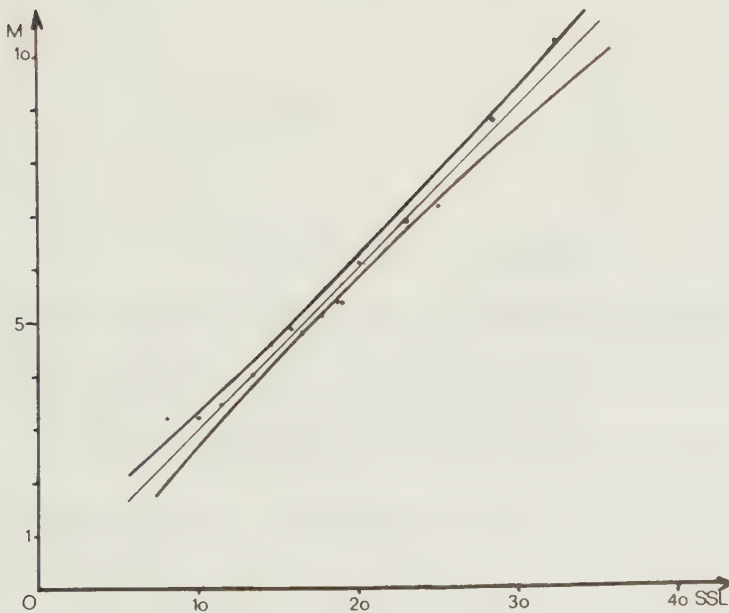
$$l = \pm 0.110$$

3.1.3. Schädelmaße

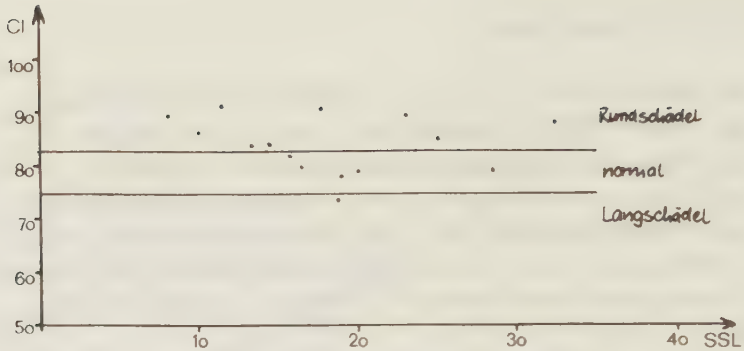
Es wurden lediglich 14 der 28 Foeten zur Ermittlung der Schädelgröße herangezogen, da bei den anderen 14 ein sicheres Ausmessen wegen falscher Projektion, Weichteilverschattungen, sowie Knochenüberlagerungen nicht gewährleistet war. Die Schädelmaße wurden einzeln gemessen, für die Beurteilung wurde jedoch der Modulus M sowie der Cephalindex CI (siehe II., 2.4.) berechnet.

Die hierzugehörenden Werte stehen in Tabelle 3 im Anhang.

Graphisch ergaben sich folgende Kurven:



Kurve 4: Modulus M im Vergleich zur SSL



Kurve 5: Cephalindex im Vergleich zur SSL

Wir fanden 7 mesocephale, 6 brachycephale und einen dolichocephalen Schädel.

Statistische Werte:

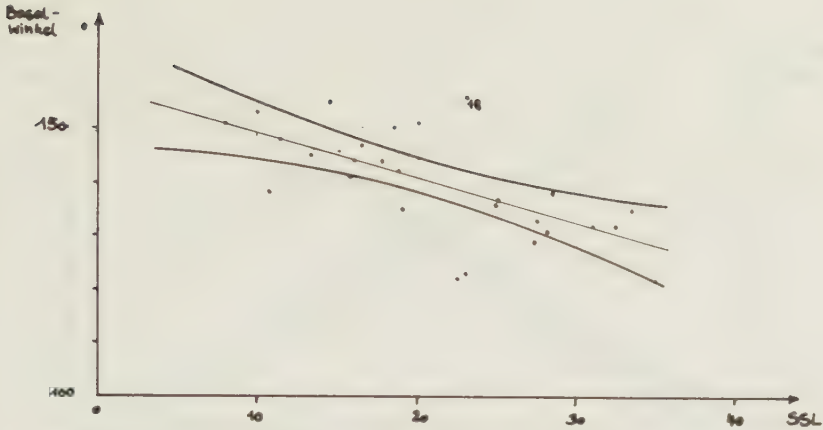
$n = 14$
 $r = 0.992$
 $p = 0.05$
 $y = 0.307x - 0.142$
 $l = \pm 0.024$

3.1.4. Basalwinkel

Von 28 Foeten konnte der Basalwinkel bestimmt werden.

Die gemessenen Werte findet man in Tabelle 4 im Anhang.

Graphisch läßt sich das Ergebnis so darstellen:



Kurve 6: Basalwinkel im Vergleich zur SSL

Die statistischen Werte:

$$n = 26$$

$$r = 0.621$$

$$p = 0.05$$

$$y = -0.812x + 157.083$$

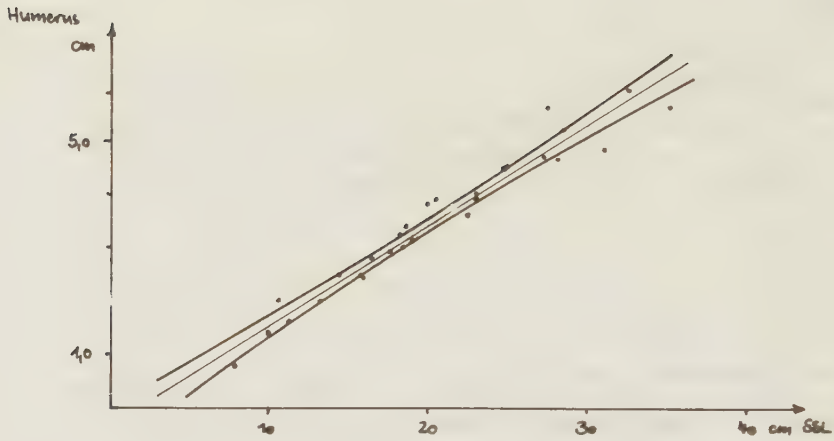
$$l = \pm 0.432$$

3.1.5. Extremitätenknochen - Längenmaße

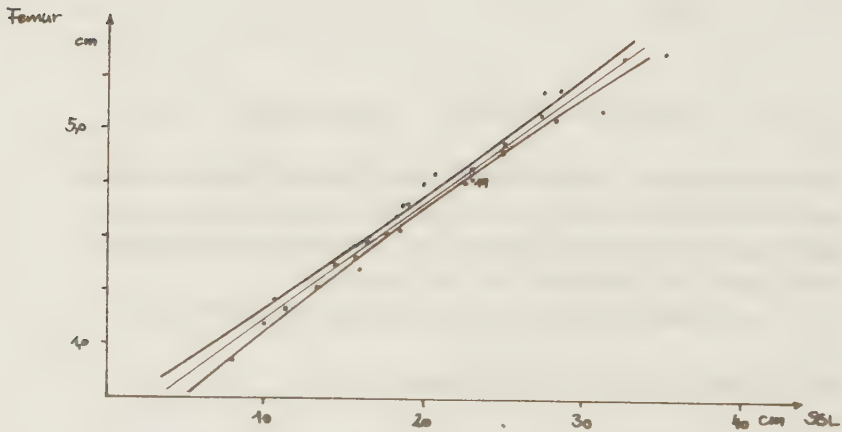
Gemessen werden bei 28 Foeten die langen Röhrenknochen an Arm und Bein, bei Femur und Humerus auch der proximale und distale Abschnitt. Die einzelnen Knochen wurden immer im Vergleich zur SSL betrachtet.

Die Werte sind in Tabelle 5 im Anhang aufgeführt.

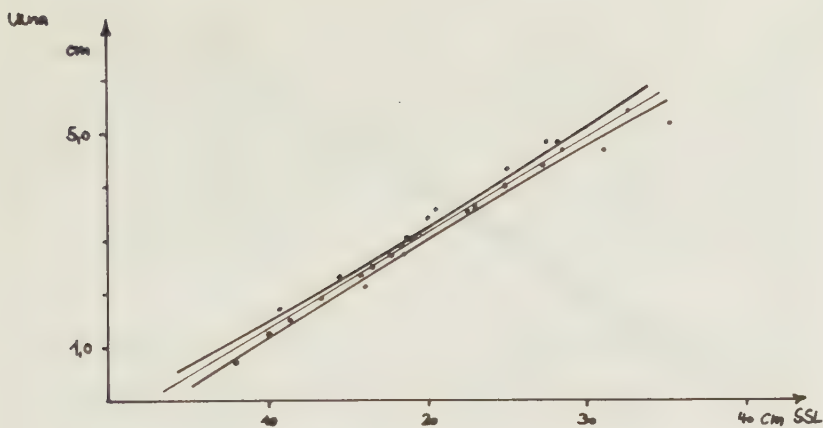
Graphisch ergaben sich folgende Kurven:



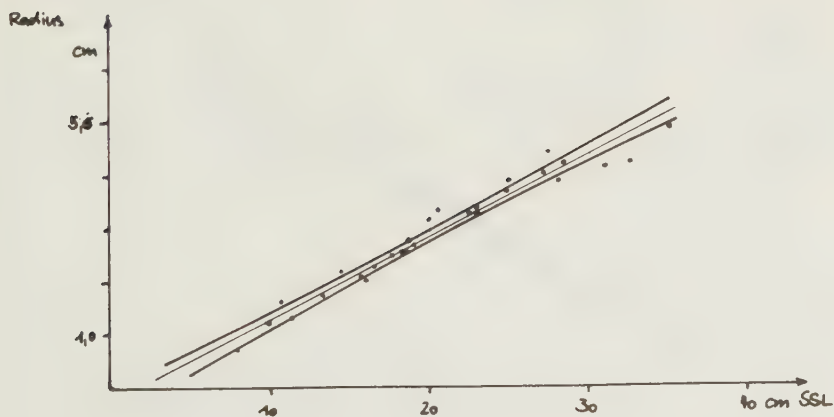
Kurve 7: Humerus im Vergleich zur SSL



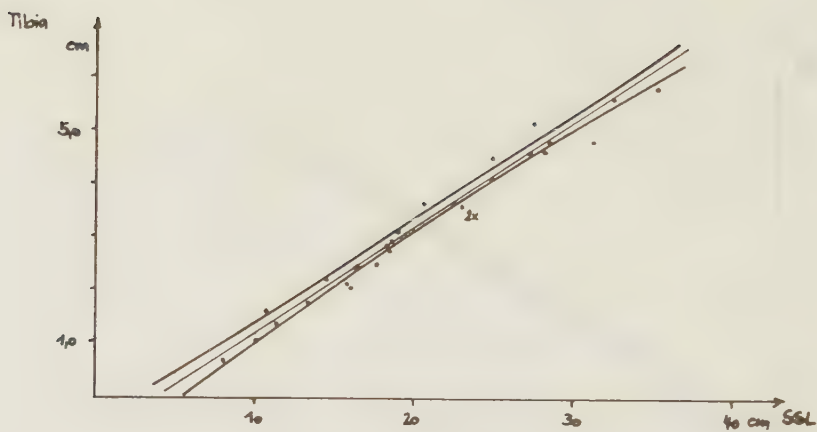
Kurve 8: Femur im Vergleich zur SSL



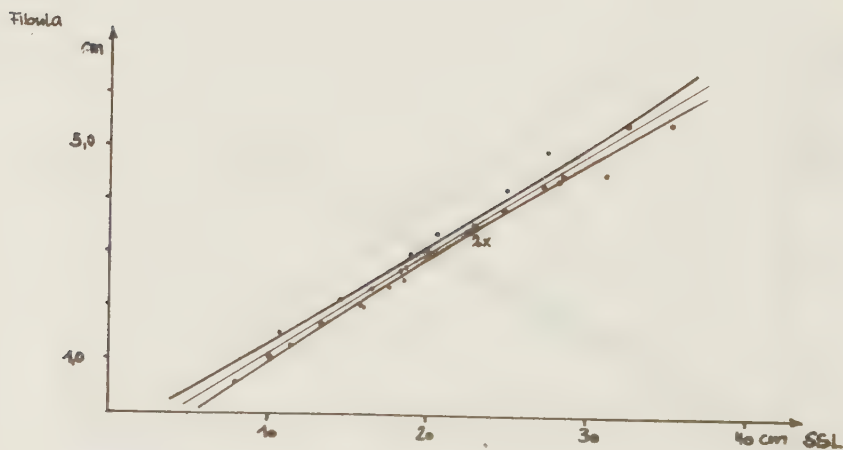
Kurve 9: Ulna im Vergleich zur SSL



Kurve 10: Radius im Vergleich zur SSL



Kurve 11: Tibia im Vergleich zur SSL



Kurve 12: Fibula im Vergleich zur SSL

Humerus/SSL

n = 28
r = 0.976
p = 0.05
y = 1.894x - 3.786
l = $\pm$ 0.171

Femur/SSL

n = 28
r = 0.987
p = 0.05
y = 2.180x - 7.170
l = $\pm$ 0.144

Ulna/SSL

n = 28
r = 0.987
p = 0.05
y = 1.799x - 4.475
l = $\pm$ 0.118

Radius/SSL

n = 28
r = 0.984
p = 0.05
y = 1.564x - 3.051
l = $\pm$ 0.113

Tibia/SSL

n = 28
r = 0.987
p = 0.05
y = 1.957x - 7.529
l = $\pm$ 0.127

Fibula/SSL

n = 28
r = 0.987
p = 0.05
y = 1.876x - 7.541
l = $\pm$ 0.121

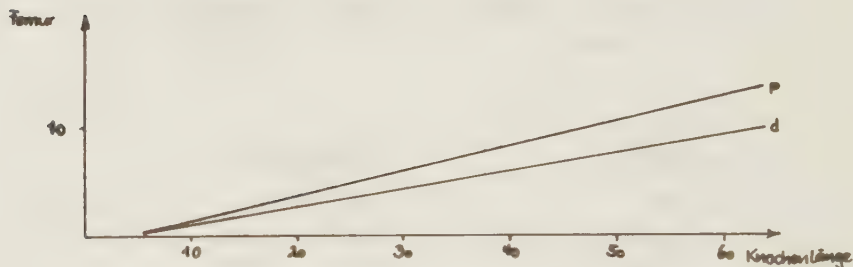
3.1.6. Proximale und distale Breite der langen Röhrenknochen

Bei den 28 Foeten wurden für den jeweiligen Knochen (Humerus, Femur, Tibia, Fibula, Ulna und Radius) die dazugehörigen proximalen und distalen Breiten ausgemessen und zum Vergleich zur Knochenlänge gesetzt.

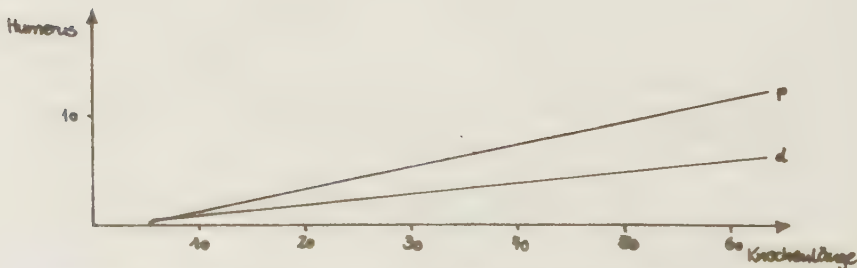
Weiterhin wurde das Verhältnis $B_p + B_d$ / Gesamtlänge eines Knochens auf die Scheitelsteißlänge bezogen.

Die dazugehörigen Werte sind in Tabelle 6 im Anhang aufgeführt.

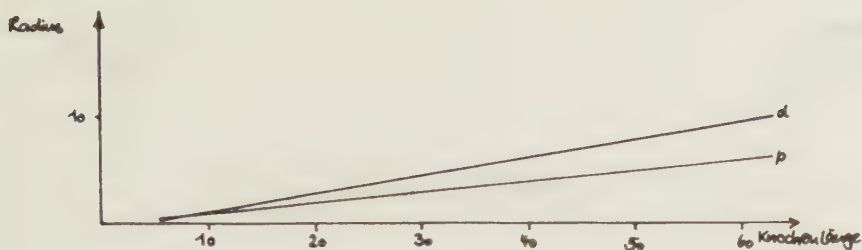
Es ergaben sich folgende graphische Darstellungen:



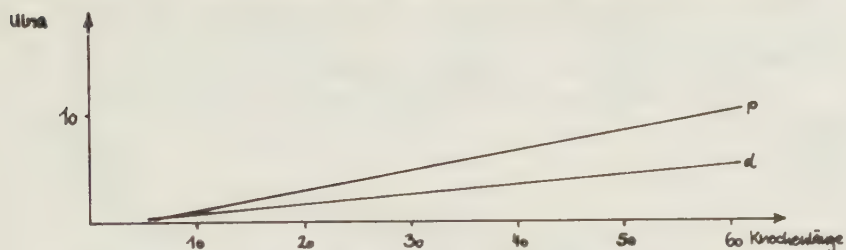
Kurve 13: Femurbreiten im Vergleich zur Knochenlänge



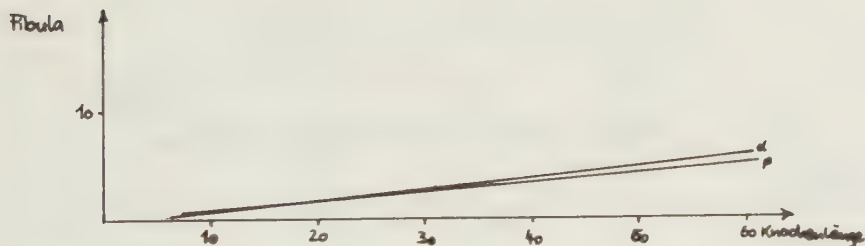
Kurve 14: Humerusbreiten im Vergleich zur Knochenlänge



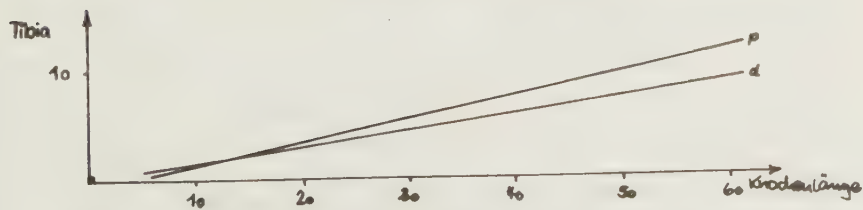
Kurve 15: Radiusbreiten im Vergleich zur Knochenlänge



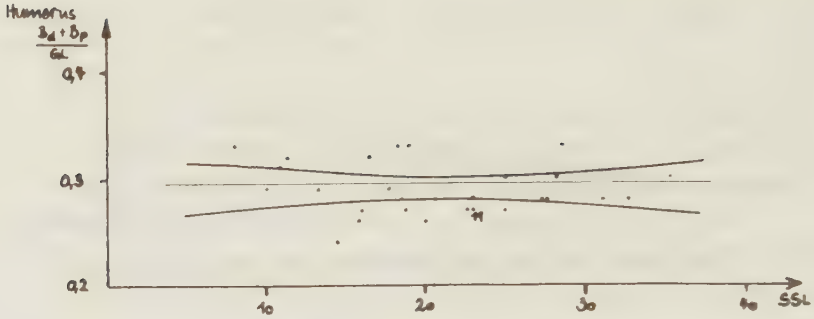
Kurve 16: Ulnabreiten im Vergleich zur Knochenlänge



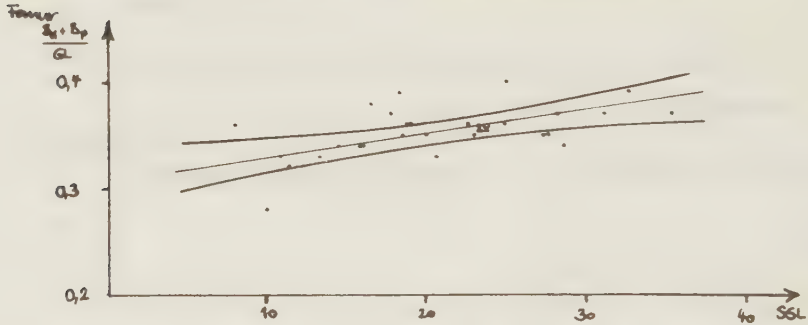
Kurve 17: Fibulabreiten im Vergleich zur Knochenlänge



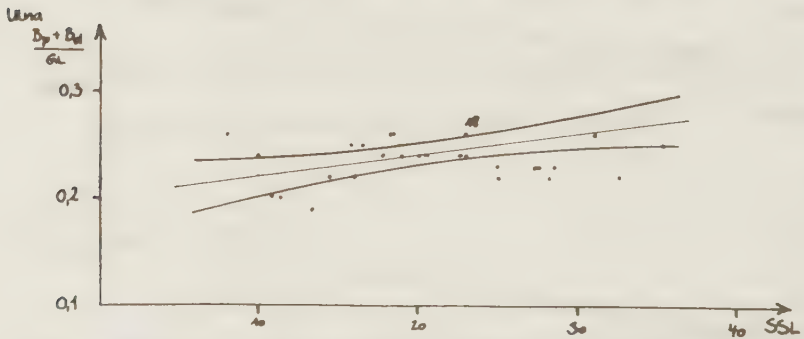
Kurve 18: Tibiabreiten im Vergleich zur Knochenlänge



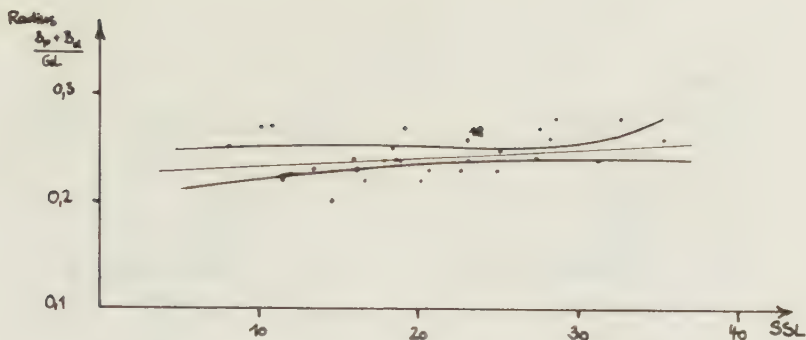
Kurve 19: Humerus: $B_p + B_d / GL$ im Vergleich zur SSL



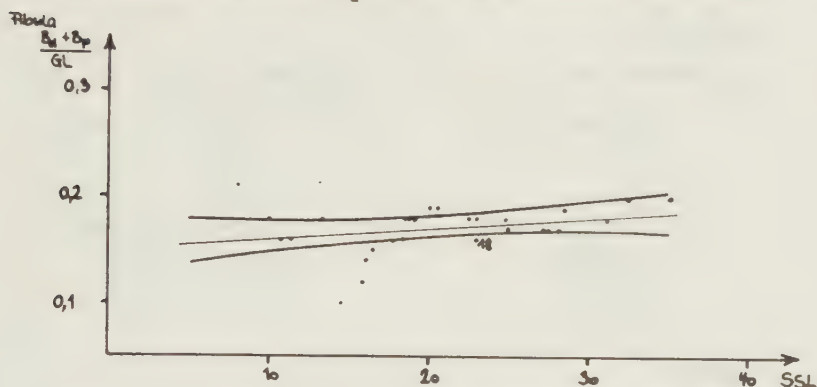
Kurve 20: Femur: $B_p + B_d / GL$ im Vergleich zur SSL



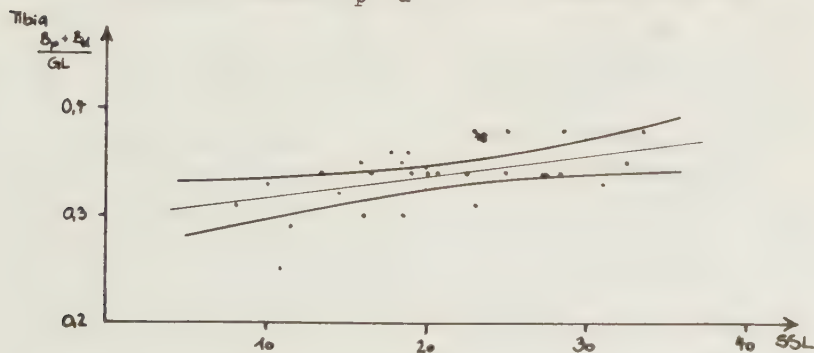
Kurve 21: Ulna: $B_p + B_d / GL$ im Vergleich zur SSL



Kurve 22: Radius: B_p+B_d/GL im Vergleich zur SSL



Kurve 23: Fibula: B_p+B_d/GL im Vergleich zur SSL



Kurve 24: Tibia: B_p+B_d/GL im Vergleich zur SSL

Femur

$B_p/\text{Knochenlänge}$

$$n = 28$$

$$r = 0.991$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.231x - 0.825$$

$$l = \pm 0.013$$

$B_d/\text{Knochenlänge}$

$$n = 28$$

$$r = 0.973$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.149x - 0.028$$

$$l = \pm 0.014$$

Humerus

$B_p/\text{Knochenlänge}$

$$n = 28$$

$$r = 0.976$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.202x - 0.406$$

$$l = + 0.018$$

$B_d/\text{Knochenlänge}$

$$n = 28$$

$$r = 0.903$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.085x + 0.428$$

$$l = \pm 0.016$$

Radius

$B_p/\text{Knochenlänge}$

$$n = 28$$

$$r = 0.963$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.099x - 0.083$$

$$l = \pm 0.011$$

$B_d/\text{Knochenlänge}$

$$n = 28$$

$$r = 0.980$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.171x - 0.626$$

$$l = \pm 0.014$$

Ulna

B_p /Knochenlänge

$$n = 28$$

$$r = 0.975$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.190x - 0.936$$

$$l = \pm 0.018$$

B_d /Knochenlänge

$$n = 28$$

$$r = 0.956$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.090x - 0.167$$

$$l = \pm 0.011$$

Fibula

B_p /Knochenlänge

$$n = 28$$

$$r = 0.973$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.090x - 0.294$$

$$l = \pm 0.009$$

B_d /Knochenlänge

$$n = 28$$

$$r = 0.976$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.108x - 0.442$$

$$l = \pm 0.010$$

Tibia

B_p /Knochenlänge

$$n = 28$$

$$r = 0.978$$

$$y = 0.218x - 0.961$$

$$l = \pm 0.018$$

B_d /Knochenlänge

$$n = 28$$

$$r = 0.05$$

$$y = 0.151x - 0.082$$

$$l = \pm 0.010$$

Humerus

$$B_p + B_d / GL \text{ zu SSL}$$

$$n = 28$$

$$r = -0.138$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.290$$

$$l = \pm 0.001$$

Femur

$$B_p + B_d / GL \text{ zu SSL}$$

$$n = 28$$

$$r = 0.524$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.002x + 0.312$$

$$l = \pm 0.001$$

Ulna

$$B_p + B_d / GL \text{ zu SSL}$$

$$n = 28$$

$$r = 0.530$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.002x + 0.202$$

$$l = \pm 0.001$$

Radius

$$B_p + B_d / GL \text{ zu SSL}$$

$$n = 28$$

$$r = 0.336$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.001x + 0.224$$

$$l = \pm 0.001$$

Fibula

$$B_p + B_d / GL \text{ zu SSL}$$

$$n = 28$$

$$r = 0.330$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.001x + 0.150$$

$$l = \pm 0.001$$

Tibia

$$B_p + B_d / GL \text{ zu SSL}$$

$$n = 28$$

$$r = 0.559$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.002x + 0.296$$

$$l = \pm 0.001$$

3.1.7. Knochenmaße der Finger IV und V

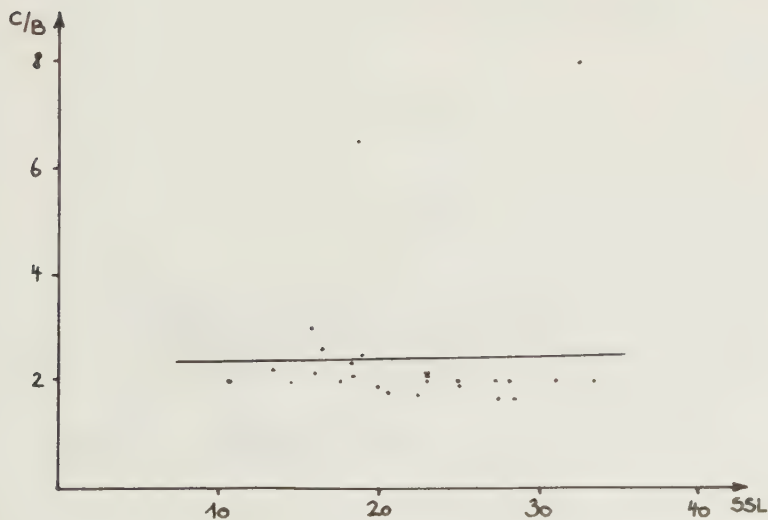
Gemessen haben wir bei 28 Foeten die jeweiligen Knochen immer an der rechten Hand in der in 2.2.4. angegebenen Weise. Rechnerisch wurde dann das Verhältnis Grund- zur Mittelphalanx des V. Fingers sowie die Summe aus Grund- und Endphalanx des IV. Fingers ermittelt.

Das Verhältnis Grund- zur Mittelphalanx des V. Fingers wurde auf Scheitelsteißlänge bezogen.

Drei Foeten konnten wegen Fehlens der Mittelphalanx aus entwicklungsbedingten Gründen nicht einbezogen werden.

Die dazugehörigen Werte sind in Tabelle 7 im Anhang aufgeführt.

Es ergab sich folgende graphische Darstellung:



Kurve 25: Grund-/Mittelphalanx zu SSL a. V. Finger

$$n = 25$$

$$r = 0.140$$

$$p = 0.05$$

$$y = 0.033x + 1.766$$

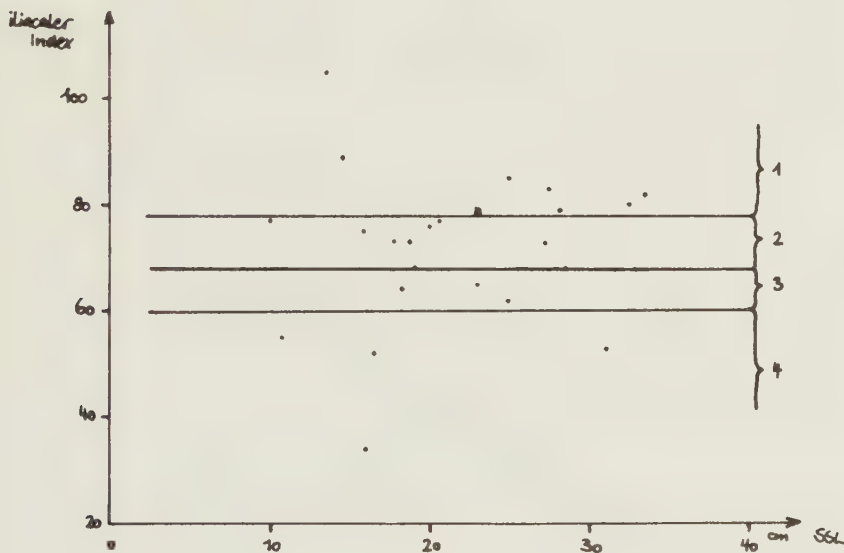
$$l = \pm 0.102$$

3.1.8. Beckenwinkel

Von den 28 Foeten wurde jeweils der acetabulare und der iliacale Winkel rechts und links gemessen und anschließend der Iliacale Index aus den erhaltenen Werten errechnet.

Die einzelnen Werte sind in Tabelle 8 im Anhang aufgeführt.

Für den Iliacalen Index ergab sich folgende graphische Darstellung:



- 1 = normal
- 2 = wahrscheinlich kein LDS (6% LDS)
- 3 = wahrscheinlich LDS (10% Normale)
- 4 = sehr wahrscheinlich LDS

Kurve 26: Iliacaler Index

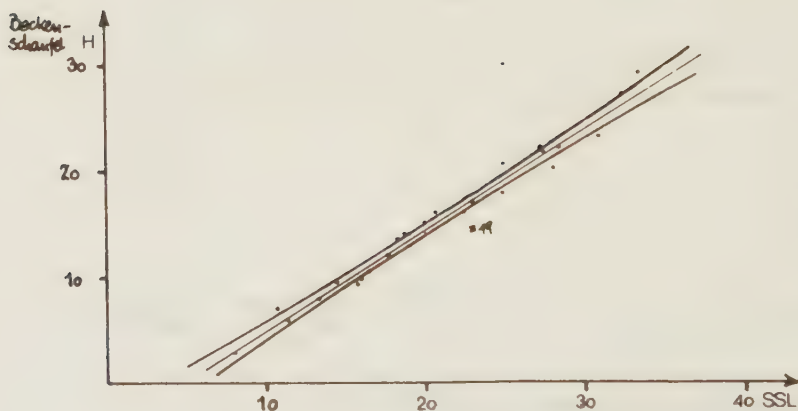
3.1.9. Maße der Beckenschaufeln

Von 28 Foeten wurde an der rechten und linken Beckenschaufel die Höhe und die Breite bestimmt, sodann aus den gewonnenen Daten das Mittel aus rechter und linker Höhe bzw. Breite errechnet.

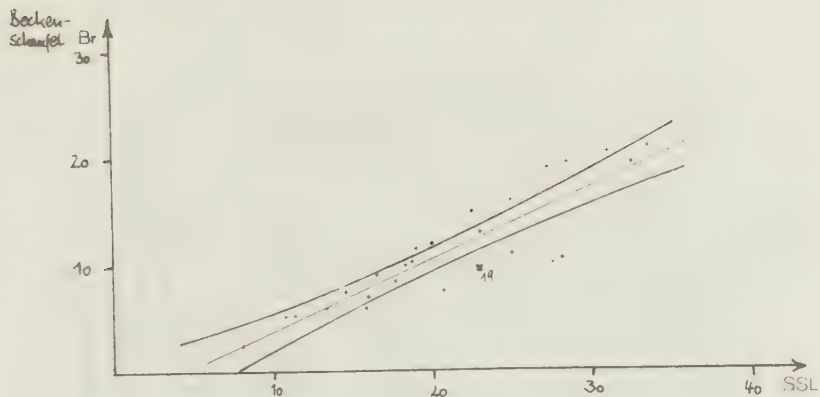
Diese errechneten Werte wurden graphisch ins Verhältnis zur Scheitelsteißlänge gesetzt.

Die Werte sind in Tabelle 9 im Anhang aufgeführt.

Graphisch ergaben sich folgende Darstellungen:



Kurve 27: Höhe Beckenschaufel zu SSL



Kurve 28: Breite Beckenschaufel zur SSL

Höhe Beckenschaufel zu SSL

$$n = 26$$

$$r = 0.985$$

$$p = 0.05$$

$$\bar{y} = 0.935x - 4.393$$

$$l = \pm 0.069$$

Breite Beckenschaufel zu SSL

$$n = 26$$

$$r = 0.886$$

$$p = 0.05$$

$$\bar{y} = 0.673x - 2.913$$

$$l = \pm 0.149$$

3.2. Zusammenfassung aller außerhalb der Standardabweichungen gelegener Werte

- + bedeutet jeweils oberhalb der Norm,
- bedeutet jeweils unterhalb der Norm.

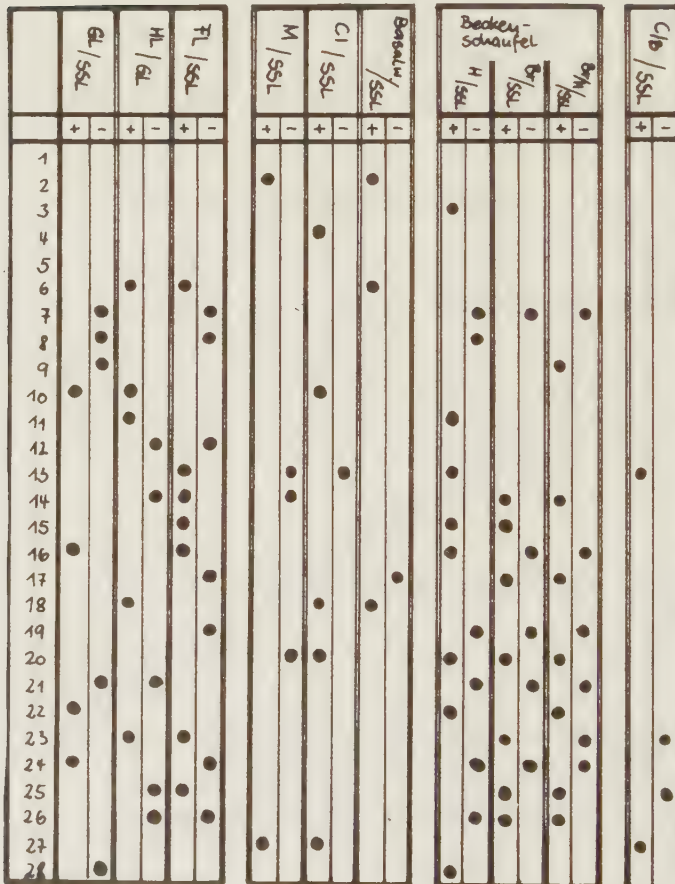


Abb.9: Werte ober- und unterhalb der Norm

		$B_d + B_p / G_L (mm) : SSL$											
		Hum.	Ulna	Radius	Tomur	Tibia	Tibia	Radius	Tomur	Tibia	Tibia	Hum.	Ulna
		+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
1		•											
2													
3		•											
4			•										
5													
6			•										
7													
8		•											
9													
10													
11		•											
12													
13		•											
14			•										
15		•											
16		•											
17													
18													
19													
20													
21		•											
22			•										
23		•											
24		•											
25													
26		•											
27													
28		•											

Abb.10: Werte ober- und unterhalb der Norm

IV. Darstellung des arteriellen und venösen Gefäßsystems

4.1. Arterielle Gefäßdarstellung

Zur Darstellung kam ein Foet (SSL 23 cm); eine vorzeitige Plazentalösung war der Grund für den Schwangerschaftsabbruch.

Die Füllung wurde wie in 2.2.3. angegeben über eine Nabelarterie durchgeführt.



Abb. 11 Normale Skelettentwicklung bis auf zwei Halsrippen



Abb. 12 Beginn der arteriellen Gefäßdarstellung



Abb. 13 Darstellung des arteriellen Systems



Abb. 14 rechtsanliegende Gefäßdarstellung



Abb. 15 Thoraxausschnitt



Abb. 16 Gefäße des Hals- und Kopfgebietes
Auffallend ist der Abgang der linken
C. communis aus dem *Tr. brachio-cephalicus*



Abb. 17 Kopf in Rechtsseitenlage



Abb. 18 GesäßRegion



Abb. 19 Gefäßdarstellung des rechten Beines

4.2. Venöse Gefäßdarstellung

Bei dem Foeten mit der Osteogenesis imperfecta (siehe V. Beispiele path. Skelettentwicklungen) wurde Kontrastmittel in die V. umbilicalis injiziert. Es ließen sich hierbei die Lebergefäße, der Einstrom in die V.cava und die venöse Gefäßdarstellung des Kopfes sehr gut darstellen. Auffallend ist bei der Betrachtung die starke Schlingelung der Kopfgefäße.



Abb. 20 Beginn der Lebervenenendarstellung



Abb. 21 zunehmende Füllung der V. Cava



Abb. 22 Einfluß des Kontrastmittels in die
Hals- und Kopfgefäße

V. Beispiele pathologischer Skelettentwicklungen

5.1. Weiblicher Foet mit einer SSL von 30 cm

Bei dem Foeten (Abb. 23-25) fielen uns äußerlich die starke Verkürzung der Extremitäten, der stark vergrößerte, ballonartig aufgetriebene, weiche Schädel, die tiefsitzenden Ohren, sowie eine geringgradig mazerierte Haut auf.

Die Extremitätenknochen sind verkürzt, zum Teil verbreitert, die Knochenstruktur ist völlig unregelmäßig, die Corticalis ist unregelmäßig begrenzt. Zum Teil hat man den Eindruck von multiplen, teilweise reparierten Knochenfrakturen; auch die massiven Verkürzungen weisen die Instabilität des Skeletts auf. Die Rippen sehen ähnlich aus, Auftreibungen und Konturunregelmäßigkeiten stehen im Vordergrund.

Auffallend ist am Skelett vor allem der Schädel mit der fehlenden Ausbildung der Deckknochen. Im Gesicht sind lediglich die beiden Kiefer, die knöchernen Nasenanteile sowie die Bogengänge erkennbar.

Bei Gesamtbetrachtung des Skelettes ist die Diagnose einer Osteogenesis imperfecta gravis am wahrscheinlichsten.

Der Osteogenesis imperfecta liegt eine Minderwertigkeit der Osteoblasten zugrunde. Sie ist durch eine gehäufte Frakturierung des Skeletts gekennzeichnet. Bei der Osteogenesis imperfecta gravis (letalis) entstehen die multiplen Frakturen intrauterin. Der Schädel ist oft ballonartig aufgetrieben, weich, die Kinder haben blaue Skleren. Die Knochen knacken bei Berührung.

Der Thorax ist schwer deformiert, die Rippen sind weich und zeigen multiple Frakturen. Schulter und Becken sind weniger häufig betroffen. Die Wirbelsäule bleibt meist intakt, das Genick erscheint kurz.

Die Extremitäten sind verkürzt und deformiert (Mikromelie). Vorderarme und Unterschenkel sind gebogen, die Hände und Füße weisen abnorme Stellungen auf. Die Haut, die im Verhältnis zu den verkürzten Knochen zu groß ist, zeigt Querfalten.

Der große Kopf und der Thorax können zusammen mit der Mikromelie eine Achondroplasie vortäuschen, die multiplen Frakturen, der weiche Kopf und die blauen Skleren gestatten jedoch die Diagnose Osteogenesis imperfecta (14, 34).



Abb. 23 Osteogenesis imperfecta



Abb. 24 rechter Arm



Abb. 25 linkes Bein

5.2. Weiblicher Foet (13) SSL 18 cm

Bei dem Foeten lag ein intrauteriner Fruchttod vor. Auffallend ist das Fehlen der 12. Rippe links, die rechte Rippe ist lediglich rudimentär angelegt, außerdem hat er 2 Halsrippen beidseits.

Das Meßergebnis der Knochen des V. Fingers ergibt eine stark ausgeprägte Brachymesophalangie (C/B zu SSL=6,5). Der iliacale Index liegt bei 73, der Index der Schädelmaße spricht für einen dolichocephalen Schädel (73,7). Dieser Foet muß mit hoher Wahrscheinlichkeit dem Down-Syndrom zugeordnet werden.

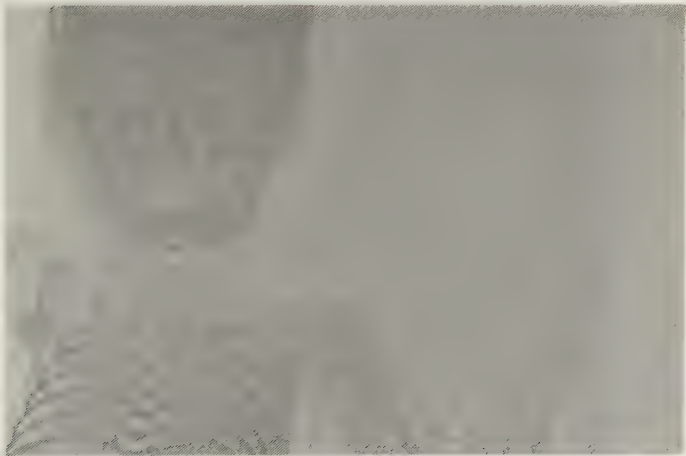


Abb. 26 Brachymesophalangie des linken Kleinfingers



Abb. 27 rudimentäre 12. Rippe rechts,
Fehlen der 12. Rippe links
Halsrippen beidseits

5.3. Weiblicher Foet (9), SSL 16,5 cm

Bei diesem Foet war die Abortursache ungeklärt. Bei der Durchuntersuchung fällt das Fehlen des 12. Rippenpaares auf. Weiter hat er eine mäßig ausgeprägte Brachymesophalangie (C/B zu SSL=2, 62), und einen iliacalen Index von 52, der deutlich im Bereich der Wahrscheinlichkeitsrate für Mongolismus liegt. Die Gesamtlänge ist im Verhältnis zur Scheitelsteißlänge zu kurz, d.h. die unteren Extremitäten sind bei diesem Foeten kürzer als normal.

Auch Humerus, Ulna und Femur sind im Verhältnis zur Knochenlänge zu breit.

Dieser Foet muß wie der vorhergehende zur Gruppe der Trisomie 21 (Down-Syndrom) gezählt werden.



Abb. 28 weiblicher Foet (9)

5.4. Männlicher Foet (7), SSL 15,8 cm

Auch bei diesem Foet war die Abortursache ungeklärt.

Es fehlt hier das 12. Rippenpaar. Die Brachymesophalangie ist deutlich ausgeprägt (C/B zu SSL = 3,0 cm), der illiacale Index liegt bei 75, in der Gruppe, bei denen 6 % Fälle mit Down-Syndrom vorkommt.

Die Gesamtkörperlänge ist im Verhältnis zur Scheitelsteißlänge zu kurz, auch hier sind die unteren Extremitäten kürzer als normal. Die Fußlänge liegt ebenfalls unterhalb der Normgrenze.

Die Kombination der pathologischen Ergebnisse läßt auch bei diesem Foeten den Schluß auf das Vorliegen einer Trisomie 21 zu.

5.5. Männlicher Foet (27), SSL 32,5 cm

In diesem Fall handelte es sich um eine Totgeburt in der 39. SSW.

Äußerlich fiel an diesem Foeten eine höhergradige Mazeration der Haut, sowie eine besonders stark ausgeprägte Klinodaktylie auf.

Bei Übersichtsaufnahmen des Skeletts zeigt sich eine rückständige Ossifikation des Talus auf beiden Seiten sowie die bei der Klinodaktylie zu erwartende Brachymesophalanx des V. Fingers beidseits (C/B zu SSL = 8,0).

Stark pathologisch war ferner der cephal Index CI mit 87,89, der einem deutlichen Rundschädel entspricht.



Abb. 28 Elendostylie



Abb. 30 Rückständige Ossifikation des Talus



Abb. 31 Brachymesopha langie beidseits



Abb. 32 Detailvergrößerung

VI. DISKUSSION

=====

6.1. Längenwachstum der langen Röhrenknochen

Lambertz (29) maß an mazerierten Foeten die Gesamtlängen der einzelnen Extremitätenknochen und stellte sie in einer Tabelle zusammen.

Der Vergleich mit unseren, anhand der Xeroradiographien gemessenen Längenwerten zeigte lediglich eine geringgradige Abweichung; wenn man die Standardabweichungen unserer Kurven mit einbezieht, so decken sich die von Lambertz gefunden Werte mit unseren.

Corrado (11) und Tamassia (59) stellten unabhängig voneinander Tabellen über das Größenwachstum der Tibia im Vergleich zur Gesamtkörperlänge bei Foeten auf. Die gefundenen Kurven waren statistisch signifikant positiv.

Das gleiche bestätigten Calkins (9) und Scammon (49) mit ihren Untersuchungen in den U.S.A.

Beim Vergleich dieser Untersuchungen mit unseren Ergebnissen zeigt sich nur eine geringfügige Abweichung des linearen Wachstums der Tibia, die jedoch ebenfalls noch innerhalb der Standardabweichungen liegt. Die Differenz kann u.U. dadurch erklärt werden, daß die obengenannten Autoren die Gesamtkörperlänge als Parameter heranzogen, während wir stets die Scheitelsteißlänge als Parameter bevorzugten.

Gleichzeitig zeichnet sich die lineare Fortsetzung unserer Wachstumskurven aller Extremitätenknochen mit den Kurven Neugeborener und Säuglingen von Maresch (33) bis zu einem Meter Körperlänge ab.

Seine Werte Neugeborener decken sich ebenfalls mit den Werten unserer Neugeborenen (Nrs. 26-28).

Es zeigte sich also, daß unsere Ergebnisse anhand xeroradiographischer Bilder mit anderen Untersuchungsergebnissen vergleichbar sind.

6.2. Handlänge

Der Vergleich unserer Ergebnisse der Untersuchung an Foeten über das Wachstum der Handlänge im Verhältnis zur Gesamtkörperlänge mit den Ergebnissen der Untersuchungen von Schmid und Moll (56) an Neugeborenen und Kleinkindern zeigt ein annähernd gleiches Ansteigen der Wachstumskurve.

Das in der pränatalen Phase linear ansteigende Handwachstum im Verhältnis zur Körpergesamtlänge setzt sich nach der Geburt (bis 100 cm Körperlänge) linear fort.

6.3. Fußlänge

Die Fußlänge wird nur sehr selten von äußeren Faktoren (Fixation) beeinflußt (53, 61, 51, 37) und wurde von Streeter (53) in einer Grafik im Vergleich zur Scheitelsteißlänge dargestellt.

Unser Ergebnis stimmt in der Steigung der Kurve mit der von Streeter, die Foeten bis zu 20 cm Scheitelsteißlänge erfaßt, annähernd überein. Eine exakte Gegenüberstellung beider Kurven war nicht möglich, da Streeters Kurve im Druck nicht sicher beurteilbar war und genauere Daten nicht zu erhalten waren.

6.4. Schädelmaße

Der Schädel von mongoloiden Neugeborenen ist gewöhnlich klein und brachcephal. Bei der Geburt ist der Kopfumfang oft geringer (33 cm) als bei normalen Kindern (33,8 cm). (47). Es liegt dabei eine Reduktion aller Maße, der Länge, der Breite wie der Höhe vor, die Länge ist jedoch relativ stärker vermindert als die Breite. Dennoch haben nicht alle Fälle einen typischen und klinisch auffälligen brachycephalen Schädel (20).

Bei Foet 27 fällt der CI mit 87,89 deutlich positiv aus (Rundschädel).

6.5. Thorax, Rippen

Nicht selten findet man sogenannte Halsrippen (62). An den Halswirbeln entspricht die vordere Spange, der Processus costarius, solchen rudimentären Rippen. Sie ossifizieren auch selbständig von besonderen Knochenkernen aus und zwar meist vom 6. Monat ab und zuerst am 7. Halswirbel (28). In unserem Untersuchungsgut fanden sich bei 5 Foeten Halsrippen. Dies entspricht etwa der Häufigkeit des Auftretens bei Erwachsenen.

Bei nahezu 30 % aller Mongoloiden finden sich lediglich 11 Rippenpaare, häufig verbunden mit dem Fehlen eines Wirbels (3).

In unserem Krankengut fanden sich zwei Foeten (Nr. 7 + Nr. 9), bei denen nur elf Rippenpaare angelegt waren, bei einem Foet (Nr. 13) war lediglich eine rudimentäre 12. Rippe links angelegt (siehe V.).

Da diese Foeten außer dem Fehlen der 12. Rippen auch noch weitere pathologische Merkmale besaßen, die gehäuft bei Mongoloiden auftreten, mußten wir annehmen, daß es sich bei diesen Foeten um eine Trisomie 21 handeln könnte.

Eine Chromosomenbestimmung wurde versucht und scheiterte, da das zur Untersuchung entnommene Material keine Zellteilung mehr zeigte.

Gerade diese gescheiterte Chromosomenbestimmung spricht für eine routinemäßige röntgendiagnostische Untersuchung des Skeletts mit Hilfe der Xeroradiographie. Die Skelettmißbildungen erlauben doch in vielen Fällen eine Diagnose, z.B. eine chromosomale Aberration, die für die Prognose einer weiteren potentiellen Schwangerschaft heute eigentlich unerläßlich sein sollte.

6.6. Brachymesophalangie und Klinodaktylie

Brachymesophalangie und Klinodaktylie des V. Fingers finden sich häufig bei Mongoloiden (42). Hall (20) fand heraus, daß fast 60 % aller neugeborenen Mongoloiden eine zu kleine oder unförmige Mittelphalanx haben, die die Ursache der Brachymesophalangie darstellt. Von einer Brachymesophalangie spricht man dann, wenn die Mittelphalanx kleiner als die Hälfte der Grundphalanx ist (20).

Roche (47) stellte fest, daß Brachymesophalangie immer mit Klinodaktylie zusammen erscheint, und daß beide Fehler sieben mal häufiger bei mongoloiden als bei normalen Kindern gefunden werden.

In unserem Untersuchungsgut fanden sich vier Fälle (Nrs. 7, 9, 13 und 27), bei denen diese Kombination vorhanden war. Die ersten drei Foeten fielen durch weitere pathologische Befunde verstärkt auf.

6.7. Beckenmaße, Beckenwinkel

Caffey und Ross (8) untersuchten 48 mongoloide Kinder im Alter von zwei Tagen bis 12 Monaten und weitere 1500 unausgewählte Neugeborene an Becken und Hüfte.

Dabei zeigte sich folgendes Verteilungsbild des iliacalen Index:

mongoloide bis	3 Monate	60
normale	"	81
mongoloide bis	12 Monate	50
normale	"	79

Astley (1) meint dazu, daß bei einem iliacalen Index unter 60 Mongolismus sehr wahrscheinlich ist und daß das Kind wahrscheinlich normal ist, wenn der iliacale Index über 78 liegt.

Liegt dieser zwischen 60 und 68, so ist Mongolismus möglich; man muß jedoch hinzufügen, daß in dieser Gruppe 10 % normale Kinder zu finden sind.

Liegt der iliacale Index zwischen 68 und 78, so ist das Kind wahrscheinlich nicht mongoloid; es können jedoch auch in dieser Gruppe 6 % mongoloide Kinder vorkommen.

Eine Reihe weiterer Beobachter (22, 21, 27, 39, 58, 52 und 13) stimmen darin überein, daß den röntgenologisch faßbaren Veränderungen des Mongoloidenbeckens als der mit größter Häufigkeit vorliegenden Skelett-

veränderung vor allem im Neugeborenen- und Säuglingsalter wesentliche diagnostische Bedeutung zukommt.

Es fällt bei den Resultaten von Kaufmann (22) auf, wie niedrig vor allem die Acetabularwinkel liegen. Gegenüber der Norm (25° - 28°) findet sich der Mittelwert bei Mongoloiden bei 16° . Auch der iliacale Winkel ist etwas erniedrigt (43° gegenüber normal 55°), die Differenz ist aber nicht so eklatant.

In Kaufmanns Patientengut befanden sich auch 9 Frühgeburten, bei denen klinisch nur verdächtige Zeichen zu erkennen waren. Anhand des iliacalen Index konnte jedoch eine diagnostische Aussage ohne Schwierigkeiten getroffen werden.

Die Korrelation des Vorliegens eines Mongoloidenbeckens mit dem Bestehen einer speziellen autosomalen Trisomie scheint also weitgehend gesichert.

In unserem Untersuchungsgut fanden sich vier Foeten, die unterhalb eines iliacalen Index von 60 lagen (Nrs. 3, 8, 9 und 26).

Bei Foet Nr. 3 lag die Ungenauigkeit der Winkelmessung in der frühen Entwicklungsphase des Foeten (Ossifikationszeit des os ilium beginnt in der 12. - 14. Woche).

Bei Nr. 8 lagen alle gefundenen Meßwerte unterhalb der Norm, der Foet schien insgesamt zu klein.

Foet Nr. 9 zeigte weitere pathologische Auffälligkeiten im Sinne einer Trisomie 21, Foet Nr. 26 war sonst unauffällig.

Die beiden Foeten 7 und 13 lagen mit einem iliacalen Index von 75 bzw. 73 außerhalb der hohen Wahrscheinlichkeitsrate. Bei beiden lagen jedoch noch weitere pathologische Merkmale vor, so daß auch diese Indices als pathologisch gewertet werden können (siehe auch V.).

6.8. Röntgenologische Erkennbarkeit chromosomaler Aberrationen

Francheschini, Fabris und Ponzone (16) untersuchten in ihrer Arbeit Skelettanomalien bei Trisomie 18-Syndrom.

Sie stellten fest, daß ganz charakteristische Merkmale an Hand, Hüfte und Fuß im radiologischen Bild genügten, um eine Trisomie zu erkennen. Es wurden 10 Patienten untersucht und mit anderen Literaturstellen verglichen.

Übereinstimmung in dieser Behauptung zeigte die Arbeit von Dallapiccola und Pistocchi (12).

Diese stellten fest, daß Abweichungen in der Skelettentwicklung als radiologische Charakteristika den Chromosomenaberrationen zugeordnet werden müssen. Jede Chromosomenanomalie bewirkt relativ charakteristische und konstante Veränderungen im Körperbau und kann daher zur Diagnose beitragen.

In München untersuchten Murken, Bauchinger, Palitzsch, Pfeifer, Suschke und Haendle (38) einen Fall von Trisomie D_2 (47, XX, +14) und konnten anhand von Röntgenbildern einen Unterschied zur Trisomie 13 herausarbeiten.

Bei den von uns untersuchten Foeten fand sich eine Skelettmißbildung in 17% der Fälle.

Bislang wurden und werden die Foeten in der Regel ohne Röntgenuntersuchung, oft erst ab der 29.

Woche, von der Pathologie mehr oder weniger oberflächlich untersucht. Skelettanomalien wurden bei dieser Untersuchungsweise praktisch nicht erfaßt.

Die genaue Diagnose einer Tot- oder Fehlgeburt sollte Bestandteil in der modernen Medizin sein und nicht zuletzt zur Familienberatung herangezogen werden.

Dies wurde bisher von Klinikern, Radiologen und Pädiatern wenig beachtet und sollte zur diagnostischen Hilfe noch vor den aufwendigeren und teuren Chromosomenbestimmungen herangezogen werden.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

=====

Es wurden Foeten und Embryonen xeroradiographisch untersucht und die Skelettentwicklung bestimmt. Die Xeroradiographie eignet sich mit ihrem geringen Kontrastumfang und wegen ihrer Kantenanhebung besonders gut zur Darstellung von foetalem Untersuchungsmaterial.

Es wurden Methoden zur angiographischen Untersuchung des Foetalkreislaufes ausgearbeitet und das venöse und arterielle System dargestellt.

Die Fußlänge steigt bei Foeten im Verhältnis zur Scheitelsteißlänge linear an.

Das in der pränatalen Phase linear ansteigende Handwachstum im Vergleich zur Gesamtkörperlänge setzt sich nach der Geburt bis zu 100 cm Körperlänge linear fort.

Die Wachstumskurve der Extremitätenknochen decken sich mit Untersuchungen anderer Autoren und zeigen einen linearen Anstieg. Dieser findet einen stufenlosen Übergang im linearen Wachstum bei Neugeborenen und Säuglingen.

Halsrippen traten bei fünf Foeten auf (17,25 %).

11 Rippenpaare traten bei zwei Foeten auf, ein weiterer Foet hatte lediglich eine rudimentäre 12. Rippe links. Bei diesen letzten drei Foeten kamen weitere pathologische Merkmale im Sinne einer Trisomie 21 hinzu.

In unserem Untersuchungsgut fand sich bei vier in Frage kommenden Foeten lediglich ein deutlich positiver Befund von Brachycephalie.

4 Foeten (14,3 %) hatten einen deutlich positiven Befund von Brachymesophalangie.

Brachymesophalangie und Klinodaktylie sind häufig (bei 60 %) Zeichen von Mongolismus.

Sie können daher bei der Beurteilung der Xeroradiographien als wichtiger Parameter zur Erkennung einer Trisomie 21 herangezogen werden.

Der iliacale Index ist auch bei foetalen Untersuchungen zur Erkennung einer Trisomie 21 zu verwerten.

Lediglich Foeten unterhalb einer Grenze von 12 - 14 Wochen kann man wegen Fehlens der Ossifikation des Os ilium noch nicht beurteilen. Die Resultate von Kaufmann (21) können auch für foetale Untersuchungen als gültig angesehen werden.

4 Foeten waren hier pathologisch auffällig.

Insgesamt fielen uns bei 29 Foeten 9 Foeten (31 %) auf, die gehäuft pathologische Auffälligkeiten zeigten.

Im Sinne einer Trisomie 21 waren davon vier Foeten besonders auffällig.

Die Röntgendiagnostik an Tot- und Fehlgeburten an den Frauenkliniken mittels der Xeroradiographie ist eine wertvolle, vororientierende Methode zur Erkennung chromosomaler Aberrationen.

VIII. Literaturverzeichnis

- 1 ASTLEY, R.: Variation of normal Iliac Index
Brit.J.Radiology 36 (1963), 2
- 2 BALL, R.P., Am.J.Roentgenology 49
GOLDEN, R.: (1943), 730
- 3 BEBER, B.A.: Absence of a Rib in Down' s Syndrome
Lancet 2 (1965), 289
- 4 BETRIEBSANLEITUNG RANK XEROX 125
- 5 BOAG, J.W., Some clinical and experimental
STACEY, A.J., applications of xeroradiography
DAVIS, R.: J.Photographic Science 19 (1971), 45
- 6 BUEHL, C.C., PYLE, S.I: J.Pediatrics 21 (1942), 335
- 7 CAFFEY, J.: Pediatric X-Ray Diagnosis, Chicago
Yearbook Publishers (1950), 566
- 8 CAFFEY, J., ROSS, S.: The Iliac Angle and the Iliac Index
of the Growing Hip
Am.J.Roentg.80 (1958), 458
- 9 GALKINS: Proc.Soc.Exp.Biol. and Med. 20
(1923), 353
- 10 CARLSON, C.F.: Electron photography U.S.Patent
(1938) Nr.2 221 776
Electrophotography U.S.Patent
(1939) Nr.2 297 691
Electrophotographic apparatus
U.S.Pat. (1940) Nr.2 357 809
- 11 CORRADO: Gior.d.Ass.Napol.d.Med.e.Natural
IX (1899), 220

- 12 DALLAPICCOLA, B., PISTOCCHI, G.F.: Malformazioni Scheletriche Da Aberrazioni Cromosomiche. Studio Clinico Radiomedico Min.Med.63/92 (1972), 5049-5208
- 13 DE TONI, E.A., PELIZZA, A.: Considerazioni su alcuni aspetti radiologici del bacino neonato a termine del mongolo e del prematuro, Min.Pediatria 12 (1960), 1
- 14 EVANS, H.D.: Severe osteogenesis imperfecta with pregnancy. Report of a case. Obst.and Gynec.28 (1966), 394
- 15 FLECKER, H.: Am.J.Roentg.47 (1942), 97
- 16 FLORY, C.D.: Soc.Res.Child Development 1 (1936), 141
- 17 FRANCESCHINI, P., FABRIS, C., PONZONE, A.: Skeletal Alterations in Edward' s disease (Trisomy 18 Sydrome) Ann.Radiol. 17/4 (1974), 361-367
- 18 GABRITSCHESKI, V.: Die elektrische Radiographie Phys.Z. 6 (1905), 33
- 19 GUDDEN, P., POHL, R.: Über lichtelektrische Leitung im Selen Phys.Z. 35 (1926), 243
- 20 HALL, B.: Mongolism in Newborns; a Clinical and Cytogenetic Study Acta paediat.Suppl.(1964), 154
- 21 KAUFMANN, H.J.: Das Mongoloidenbecken Fortschr.Röntgenstr. 94 (1961), 57
- 22 KAUFMANN, H.J., PELARGONIO, S.: Über röntgenologische Veränderungen am Becken bei Mongoloismus im frühen Kindesalter Schweizer Med.Wochenschrift 87 (1957), 1529

- 23 KELLY, H.J., MACY, I.G.: Am.J.Roentgenol. 80 (1958), 482
- 24 KIRSCH, W.: Die Xeroradiographie- ein photo-physikalisches Bildaufzeichnungs-verfahren
Bild+Ton 14 (1961), 171, 201
- 25 KOLB, O.K.: Xeroradiographie
Umschau (1962), 492
- 26 KOSSEL, F.: Xeroradiographie -ein Verfahren zur Bilderzeugung in der Röntgen-diagnostik.
Acta radiol.Diagn. 6 (1967), 381
Xeroradiographie und radiol. Bildgüte in der Radiologie (Sympos.1964 Herrenchiemsee)
Hrsg. von F.E.Stieve im Fischer Verlag, Stuttgart, 1966, 88
- 27 KOSZLOWSKI, R.: Das Becken bei Mongolismus
Pediat.Pol. 35 (1960), 381
- 28 LAMBERTZ: Die Entwicklung des menschlichen Knochengerüsts während des föta-len Lebens
Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen, Ergänzungsheft (1900)
- 29 LAMBERTZ: Atlas der normalen und patholo-gischen Anatomie (1900), 45
- 30 LANGMANN, J.: Medizinische Embryologie
2. Auflage (1972)
- 31 LUSTED, L.B., KEATS, TH., E.: Atlas of Roentgenographic Measurement
(1967) Chicago Yearbook Publ.

- 32 LUTTERBECK, E.F.: Die Bedeutung der Mammographie und der Xeroradiogr. zur Früherk. des Brustkarzinoms
Dtsch.Ärztebl. 42 (1972), 2695
- 33 MARESH, M.M.: A.M.A.J.Diss.Child 89 (1955), 725
- 34 MC DERMOTT, A.: Cytogenetics of Man and other Animals
Chapman and Hall (1975)37,45
- 35 MC MASTER, R.C.: Nex Developments in Xeroradiography
Nondestr.Test 10, Nr. 1 (1951)
- 36 MC MASTER, R.C.,
SCHAFFERT, R.M.: Xeroradiography -a basic development in X-ray nondestr., testing Nondestr.
Test 9 Nr.1 (1950), 11.22
- 37 MEREDITH, H.V. Human Foot Lenght from Embryo
te Adult
- 38 MURKEN, J.D.,
BAUCHINGER, M.,
PLAITZSCH, D.,
PFEIFER, H.,
SUSCHKE, J.,
HAENDLE, H.; Trisomie D_2 bei einem 2 1/2-jährigen Mädchen
Humangenetik 10 (1970), 254-268
- 39 NICOLIS, F.B.,
SACCETTI, G.: Valutazione delle alterazioni morfologiche del bacino nel mongolismo
Min.Pediat. 12 (1960), 1552
- 40 NAVANI, S.V.,
SARZIN, B.: Intrauterine osteogenesis imperfecta. Review of a literature and a report of the radiological and necropsy findings in two cases.
Brit.J.Radiol. 40 (1967), 449

- 41 OLIPHANT, W.D.: Xeroradiography: non chemical photographic process
Discovery 14 (1953), 175
Xeroradiography. Apparatus and method of use.
Brit.J.Radiol. 28 (1955), 543
- 42 OSTER, J.: Mongolism
Copenhagen Danish Science Press Ltd. 1953
- 43 PUPPE, D.: Xeroradiographie - Grundlagen und Anwendungsmöglichkeiten
Ergebn.med.Radiol. Vol. III (1971), 79
- 44 REINHARD, D.,
EVERS, R.,
FISCHEDICK, O.: Skelett- und Weichteildarstellung in der Xeroradiographie
Fortschr.Röntgenstr.120 (1974), 209
- 45 REYNOLDS, R.L.,
ASAKAWA, T.: Ann.J.Roentgenol.65 (1951), 403
- 46 RIGHI, A.: Die Bewegung der Ionen bei der elektrischen Entladung
Barth, Leipzig (1907), 64-70
- 47 ROCHE, A.F.: Clinodactyly and Brachymesophalangia of the V. Finger
Acta paediat.50 (1961), 387
- 48 RÜCKER, P.: Über die Einwirkung unsichtbarer Strahlen auf die Lichtenbergschen Figuren.
Univ.Rostock, Dr.phil.Diss.Berlin (1906)
- 49 SCAMMON, R.E.,
CALKINS, L.A.: The development and Growth of the External Dimensions of the Human Body in the Fetal Period
Minnesota Press, 1929,
University of Minneapolis

- 50 SCAMMON, R.E.: Proc.Soc.Exp.Biol. and Med.
22 (1925), 353
- 51 SHEPARD, TH.H.: Normal and abnormal growth patterns
in Endocrine and genetic Diseases
Lytt. I. Gardner (1969), 1
- 52 SILVERMANN, F.N.: Dysplasies Epiphysaires: Entité
Proteiforme
Ann.Radiol. 4 (1961), 833
- 53 STREETER, G.L.: Developmental Horizons in Human
Embryos
Contr. to Embry., No.197, 199, 211
Reprint Vol. II (1951)
- 54 SCHMID, F.: Ergebn.inn.Med.Kinderheilkunde
1 (1949)
- 55 SCHMID, F., HALDEN, L.: Fortschr.Röntgenstr.71 (1949), 975
- 56 SCHMID, F., MOLL, H.: Atlas der normalen und patholo-
gischen Handskelettentwicklung
Springer (1960), 41
- 57 SCHULTZ, A.H.: Changes in Fetusis Due to Formalin
Am.J.Phys.Anthro. 2 (1919), 35
- 58 SCHULTZE - JENA, B.S.: Röntgenologische Merkmale des
Beckens bei Mongolismus im
Säuglingsalter.
Kinderärztl.Praxis 27 (1959), 141
- 59 TAMASSIA: Atti.R.Inst.Veneto d.Sc.Lett.
e Arti. IV (1893), 815
- 60 TORGERSEN, J.: Acta radiol. (Stockholm)
36 (1951), 521
- 61 TROLLE, D.: Age of Fetus Determined from its
Measure
Acta Obst et Gyn.Scand. 27 (1948), 327

- 62 VAKHURKINA, A.M.: Some patterns in the development
of the human ribs (Russian)
Arkh.Pat. 35/3 (1973), 71-74
- 63 WALLRAFF, J.: Leitfaden der Histologie des
Menschen
Urban & Schwarzenberg (1967)
- 64 WOLFE, J.N.: Xeroradiography of the breast.
Radiology 91 (1969), 583
Xeroradiography of the bones,
joints and soft tissues
Radiology 93 (1969), 583

IX. TABELLARISCHER ANHANG
=====

Tab. 1 Körperlängen

Kennz.	SSL	GL	SSL/GL
1	8,05	11,35	0,71
2	10,0	13,9	0,72
3	10,7	15,5	0,69
3	11,4	16,6	0,69
5	13,3	18,5	0,72
6	14,5	21,0	0,69
7	15,8	21,4	0,74
8	16,0	22,0	0,73
9	16,5	23,0	0,72
10	17,7	28,5	0,62
11	18,3	26,8	0,68
12	18,5	27,6	0,67
13	18,7	27,2	0,69
14	19,0	28,0	0,68
15	20,0	30,0	0,67
16	20,6	31,5	0,65
17	22,5	32,5	0,69
18	23,0	33,2	0,69
19	23,0	33,2	0,69
20	24,9	36,0	0,69
21	25,0	35,5	0,70
22	27,3	41,25	0,66
23	27,5	41,1	0,67
24	28,2	42,95	0,66
25	28,5	43,2	0,66
26	31,1	46,0	0,68
27	32,5	48,5	0,67
28	33,5	47,0	0,70

Tab. 2 Längen Arm, Bein, Hand und Fuß

Kennz.	SSL	O'arm	U'ar.	Hand	O'sch	U'sch	Fuß
1	8,05	18	17	13	16	11	11
2	10,0	21	17	18	22	24	15
3	10,7	21	18	17	20	27	16
4	11,4	23	21	20	25	22	16
5	13,3	23	28	20	27	26	20
6	14,5	35	31	28	40	41	27
7	15,8	27	25	25	31	31	21
8	16,0	22	20	26	29	29	21
9	16,5	38	32	29	35	35	30
10	17,7	33	32	27	39	37	33
11	18,3	41	34	36	46	42	35
12	18,5	37	28	30	46	45	31
13	18,7	43	38	35	48	48	37
14	19,0	37	29	34	43	47	37
15	20,0	45	42	36	54	52	40
16	20,6	47	44	38	56	54	43
17	22,5	41	40	39	50	50	40
18	23,0	46	40	42	55	51	44
19	23,0	44	40	40	57	50	41
20	24,9	56	44	41	65	65	49
21	25,0	40	53	44	70	58	48
22	27,3	55	45	51	78	58	52
23	27,5	55	45	59	76	60	61
24	28,2	45	57	51	80	63	51
25	28,5	65	55	49	82	61	62
26	31,1	50	60	53	84	65	57
27	32,5	65	47	62	80	80	65
28	33,5	65	55	59	65	70	70

Tab. 3 Schädelmaße

Kennz.	SSL	L	B	H	M	CI
1	8,05	-	-	-	-	-
2	10,0	3,5	2,9	3,2	3,2	82,86
3	10,7	-	-	-	-	-
4	11,4	3,4	3,1	3,8	3,4	91,17
5	13,3	4,3	3,6	4,1	4,0	83,72
6	14,5	5,0	4,2	4,5	4,6	84,00
7	15,8	5,4	4,4	4,7	4,8	81,48
8	16,0	-	-	-	-	-
9	16,5	5,4	4,3	4,7	4,8	79,62
10	17,7	5,3	4,8	5,2	5,1	90,56
11	18,3	-	-	-	-	-
12	18,5	-	-	-	-	-
13	18,7	6,1	4,5	5,4	5,3	73,70
14	19,0	6,3	4,9	5,7	5,3	77,77
15	20,0	7,0	5,5	5,8	6,1	78,75
16	20,6	-	-	-	-	-
17	22,5	-	-	-	-	-
18	23,0	7,5	6,7	6,4	6,9	89,33
19	23,0	-	-	-	-	-
20	24,9	7,9	6,7	6,8	7,1	84,81
21	25,0	-	-	-	-	-
22	27,3	-	-	-	-	-
23	27,5	-	-	-	-	-
24	28,2	-	-	-	-	-
25	28,5	10,0	7,9	8,1	8,7	79,00
26	31,1	-	-	-	-	-
27	32,5	11,2	9,8	9,9	10,3	87,89
28	33,5	-	-	-	-	-

Tab. 4 Basalwinkel

Kennz.	SSL	Basalwinkel
1	8,05	151
2	10,0	153
3	10,7	138
4	11,4	148
5	13,3	145
6	14,5	155
7	15,8	141
8	16,0	144
9	16,5	147
10	17,7	144
11	18,3	-
12	18,5	150
13	18,7	142
14	19,0	135
15	20,0	151
16	20,6	-
17	22,5	122
18	23,0	156
19	23,0	123
20	24,9	136
21	25,0	137
22	27,3	129
23	27,5	133
24	28,2	131
25	31,1	138
26	32,5	132
27	33,5	132
28		135

Tab.5. Extremitätenknochen 1. Teil

Name, Kennziffer	SSL	Humerus			Rad.	Uln.
		GL	prox	dist		
1	8,05	8	4	4	7	7
2	10,0	14	7,5	6,5	12	12,5
3	10,7	20	11,5	8,5	16	17
4	11,4	16	9	7	13	15
5	13,3	20	11	9	17	19
6	14,5	25	15	10	21,5	23
7	15,8	25	14,5	10,5	20,5	23,5
8	16,0	24,5	14	10,5	20	21,5
9	16,5	28	15,5	12,5	22,5	25
10	17,7	29	17,5	11,5	24,5	27
11	18,3	32,5	19	13,5	25	29
12	18,5	30	16	14	25	27,5
13	18,7	34	19	15	27,5	30,5
14	19,0	31	19	12	26,5	30,5
15	20,0	38	20	18	31	34
16	20,6	39	21	18	33	36
17	22,5	36	20	16	31,5	35,5
18	23,0	40	23	17	32,5	36
19	23,0	39	22	17	33,5	36,5
20	24,9	45	25	20	36,5	40
21	25,0	45	27	18,5	38,5	43,5
22	27,3	47	26	21	40	44
23	27,5	56	30	26	44	48,5
24	28,2	46,5	26	20,5	38,5	48,5
25	28,5	52	30	22	42	47
26	31,1	48,5	27	21,5	41	47
27	32,5	60	38,5	21,5	47	54,5
28	33,5	56	26,5	29,5	48,5	52

Tab. 5 Extremitätenknochen 2. Teil

Kennz.	SSL	Femur			Tib.	Fib.
		GL	prox	dist		
1	8,05	7,5	3,5	4	7	6
2	10,0	14	6	8	11	11
3	10,7	18,5	9,5	9	16,5	15,5
4	11,4	17	9	8	14	13
5	13,3	21	11	10	18	17
6	14,5	25	11	14	22,5	21,5
7	15,8	26	13	13	21,5	20,5
8	16,0	24	12	12	20,5	20
9	16,5	29	14	15	24,5	23,5
10	17,7	31	14	17	25	24
11	18,3	34	16	18	28,5	27
12	18,5	31,5	17,5	14	27,5	25
13	18,7	36	16,5	19,5	29,5	27,5
14	19,0	36,5	17,5	19	31,5	30
15	20,0	40	19	21	33,5	31
16	20,6	42	20,5	21,5	36,5	34
17	22,5	40,5	17,5	23	36,5	34,5
18	23,0	43	21,5	21,5	36,5	35
19	23,0	41	20	21	36,5	35,5
20	24,9	46	21	25	41	38,5
21	25,0	48	25	23	45	42,5
22	27,3	53	25	28	46	43
23	27,5	57,5	29	28,5	51,5	49,5
24	28,2	52	25	27	46	44
25	28,5	58	28	30	48	45
26	31,1	54	26,5	27,5	48	45,5
27	32,5	64	34	30	56	55
28	33,5	65	30	35	58	55

Tab. 6 Knochenmaße Femur

Kennz.	SSL	GL	B _d	B _p	B _d /GL	B _p /GL
1	8,05	7	1,1	1,6	0,15	0,21
2	10,0	14	2,0	2,0	0,14	0,14
3	10,7	18	2,5	3,5	0,14	0,19
4	11,4	17	2,3	3,0	0,14	0,18
5	13,3	21	3,0	4,0	0,14	0,19
6	14,5	25	3,5	5,0	0,14	0,20
7	15,8	26	4,0	5,0	0,15	0,19
8	16,0	24	3,0	5,0	0,13	0,21
9	16,5	29	5,0	6,0	0,17	0,21
10	17,7	31	5,0	6,5	0,16	0,21
11	18,3	34	6,0	7,0	0,18	0,21
12	18,5	31	4,0	7,0	0,13	0,22
13	18,7	36	6,0	7,0	0,17	0,19
14	19,0	36	5,0	8,0	0,14	0,22
15	20,0	40	6,0	8,0	0,15	0,20
16	20,6	42	6,0	8,0	0,14	0,19
17	22,5	40	6,0	8,5	0,15	0,21
18	23,0	43	6,0	9,0	0,14	0,21
19	23,0	41	6,0	8,0	0,15	0,20
20	24,9	46	7,5	9,0	0,16	0,20
21	25,0	48	8,0	11,0	0,17	0,23
22	27,3	53	7,5	11,0	0,14	0,21
23	27,5	57	7,0	13,0	0,13	0,23
24	28,2	52	8,0	11,5	0,15	0,22
25	28,5	58	8,0	12,0	0,14	0,20
26	31,1	54	8,0	12,0	0,15	0,22
27	32,5	64	10,0	15,0	0,16	0,23
28	33,5	65	10,0	14,0	0,15	0,22

Tab. 6 Knochenmaße Tibia

Kennz.	SSL	GL	B _d	B _p	B _d /GL	B _p /GL
1	8,05	7	1,0	1,2	0,14	0,17
2	10,0	11	1,7	2,0	0,15	0,18
3	10,7	16	2,0	2,2	0,12	0,13
4	11,4	14	2,0	2,1	0,14	0,15
5	13,3	18	3,0	3,0	0,17	0,17
6	14,5	22	3,5	3,5	0,16	0,16
7	15,8	21	3,5	4,0	0,16	0,19
8	16,0	20	3,0	3,1	0,15	0,15
9	16,5	24	4,0	4,5	0,16	0,18
10	17,7	25	4,0	5,0	0,16	0,20
11	18,3	28	4,5	5,5	0,16	0,19
12	18,5	27	4,0	4,0	0,15	0,15
13	18,7	29	5,0	5,5	0,17	0,19
14	19,0	31	5,0	5,8	0,16	0,18
15	20,0	33	5,0	6,5	0,15	0,19
16	20,6	36	6,0	6,5	0,16	0,18
17	22,5	36	5,5	7,0	0,15	0,19
18	23,0	36	6,0	8,0	0,16	0,22
19	23,0	36	5,5	6,0	0,15	0,16
20	24,9	41	6,5	7,5	0,16	0,18
21	25,0	45	7,0	10,0	0,16	0,22
22	27,3	46	6,5	9,0	0,14	0,20
23	27,5	51	7,0	10,0	0,15	0,19
24	28,2	46	6,5	9,0	0,14	0,20
25	28,5	48	8,0	10,0	0,17	0,21
26	31,1	48	7,5	8,0	0,16	0,17
27	32,5	56	8,5	11,0	0,15	0,20
28	33,5	58	9,0	13,0	0,16	0,22

Tab. 6 Knochenmaße Fibula

Kennz.	SSL	GL	B _d	B _p	B _d /GL	B _p /GL
1	8,05	6	0,5	0,7	0,09	0,12
2	10,0	11	1,0	1,0	0,09	0,09
3	10,7	15	1,0	1,5	0,06	0,10
4	11,4	13	1,0	1,0	0,08	0,08
5	13,3	17	1,5	1,5	0,09	0,09
6	14,5	21	1,1	1,1	0,05	0,05
7	15,8	20	1,5	1,1	0,07	0,05
8	16,0	20	1,8	1,2	0,09	0,06
9	16,5	23	2,0	1,5	0,09	0,06
10	17,7	24	2,0	1,8	0,08	0,08
11	18,3	27	2,5	2,0	0,09	0,07
12	18,5	25	2,5	2,0	0,10	0,08
13	18,7	27	3,0	2,0	0,11	0,07
14	19,0	30	3,0	2,0	0,10	0,07
15	20,0	31	3,1	2,8	0,10	0,09
16	20,6	34	3,5	3,0	0,10	0,09
17	22,5	34	3,0	3,0	0,09	0,09
18	23,0	35	3,0	2,5	0,09	0,07
19	23,0	35	3,5	2,8	0,10	0,08
20	24,9	38	4,0	3,0	0,10	0,08
21	25,0	42	4,0	3,5	0,09	0,08
22	27,3	43	4,0	3,5	0,09	0,08
23	27,5	49	4,5	4,0	0,09	0,08
24	28,2	44	4,0	3,5	0,09	0,08
25	28,5	45	4,5	4,0	0,10	0,09
26	31,1	45	4,0	4,0	0,09	0,09
27	32,5	55	6,0	5,0	0,11	0,09
28	33,5	55	6,0	5,0	0,11	0,09

Tab. 6 Knochenmaße Humerus

Kennz.	SSL	GL	B _d	B _p	B _d /GL	B _p /GL
1	8,05	8	1,1	1,5	0,14	0,19
2	10,0	14	1,5	2,5	0,11	0,18
3	10,7	20	2,5	3,5	0,13	0,18
4	11,4	16	2,0	3,0	0,13	0,19
5	13,3	20	2,0	3,8	0,10	0,19
6	14,5	25	2,0	4,0	0,08	0,16
7	15,8	25	2,3	4,3	0,09	0,17
8	16,0	24	1,8	5,0	0,07	0,20
9	16,5	28	3,0	6,0	0,11	0,21
10	17,7	29	3,0	5,5	0,10	0,19
11	18,3	32	5,0	6,0	0,15	0,18
12	18,5	30	2,5	6,0	0,08	0,20
13	18,7	34	3,0	6,0	0,09	0,18
14	19,0	31	3,0	7,0	0,10	0,23
15	20,0	38	3,5	6,5	0,09	0,17
16	20,6	39	4,0	7,0	0,10	0,18
17	22,5	36	3,0	7,0	0,08	0,19
18	23,0	40	4,0	7,0	0,10	0,18
19	23,0	39	3,5	7,0	0,09	0,18
20	24,9	45	5,0	7,0	0,11	0,16
21	25,0	45	4,5	9,0	0,10	0,20
22	27,3	47	4,0	9,0	0,09	0,19
23	27,5	56	4,5	11,0	0,08	0,20
24	28,2	46	4,5	9,0	0,10	0,20
25	28,5	52	6,0	11,0	0,12	0,21
26	31,1	48	4,5	9,0	0,09	0,19
27	32,5	60	5,0	12,0	0,08	0,20
28	33,5	56	5,0	12,0	0,09	0,21

Tab. 6 Knochenmaße Ulna

Kennz.	SSL	GL	B _d	B _p	B _d /GL	B _p /GL
1	8,05	7	0,6	1,2	0,09	0,17
2	10,0	12	1,0	2,0	0,08	0,16
3	10,7	17	1,2	2,2	0,07	0,13
4	11,4	15	1,1	2,0	0,07	0,13
5	13,3	19	1,5	2,0	0,08	0,11
6	14,5	23	1,8	3,2	0,08	0,14
7	15,8	23	2,0	3,3	0,09	0,14
8	16,0	21	1,8	3,0	0,08	0,14
9	16,5	25	2,2	4,0	0,09	0,16
10	17,7	27	2,3	4,0	0,09	0,15
11	18,3	29	2,5	5,0	0,09	0,17
12	18,5	27	3,0	4,0	0,11	0,15
13	18,7	30	2,8	5,0	0,09	0,16
14	19,0	30	2,5	5,0	0,08	0,16
15	20,0	34	3,0	5,0	0,09	0,15
16	20,6	36	3,2	5,5	0,09	0,15
17	22,5	35	2,5	6,0	0,07	0,17
18	23,0	36	3,2	6,0	0,09	0,17
19	23,0	36	3,0	6,0	0,08	0,16
20	24,9	40	3,0	6,0	0,08	0,15
21	25,0	43	3,2	6,5	0,07	0,15
22	27,3	44	3,0	7,0	0,07	0,16
23	27,5	48	4,5	9,0	0,09	0,19
24	28,2	48	3,9	7,0	0,08	0,14
25	28,5	47	4,0	9,0	0,09	0,19
26	31,1	47	4,0	8,0	0,09	0,17
27	32,5	54	5,0	10,0	0,09	0,18
28	33,5	52	5,5	10,0	0,11	0,19

Tab. 6 Knochenmaße Radius

Kennz.	SSL	GL	B _d	B _p	B _d /GL	B _p /GL
1	8,05	7	0,8	1,0	0,11	0,14
2	10,0	12	2,0	1,2	0,17	0,10
3	10,7	16	2,8	1,5	0,18	0,09
4	11,4	13	1,6	1,3	0,12	0,10
5	13,3	17	2,2	1,7	0,13	0,10
6	14,5	21	2,5	1,8	0,12	0,08
7	15,8	20	2,8	2,0	0,14	0,10
8	16,0	20	2,5	2,2	0,13	0,10
9	16,5	22	3,0	2,2	0,13	0,09
10	17,7	24	3,5	2,5	0,14	0,10
11	18,3	25	3,5	2,2	0,14	0,09
12	18,5	25	4,0	2,0	0,16	0,08
13	18,7	27	4,0	2,5	0,15	0,09
14	19,0	26	4,2	3,0	0,16	0,11
15	20,0	31	4,0	2,7	0,13	0,09
16	20,6	33	4,5	2,9	0,14	0,09
17	22,5	31	4,0	3,0	0,13	0,10
18	23,0	32	5,0	3,5	0,15	0,11
19	23,0	33	5,5	3,0	0,16	0,08
20	24,9	36	5,5	3,0	0,15	0,08
21	25,0	38	6,0	3,5	0,16	0,09
22	27,3	40	6,0	3,5	0,15	0,09
23	27,5	44	7,0	4,8	0,16	0,11
24	28,2	38	6,0	3,8	0,16	0,10
25	28,5	42	7,0	4,5	0,17	0,11
26	31,1	41	6,0	3,5	0,15	0,09
27	32,5	47	8,0	5,0	0,17	0,11
28	33,5	48	8,0	5,0	0,16	0,10

Tab. 7 Knochenmaße IV. und V. Finger Teil 1

kennz.	SSL	Gph IV	Mph IV	Eph IV	Mc IV	IV A+C
1	8,05	0,05	-	0,1	0,7	0,15
2	10,0	0,4	0,1	0,9	1,5	1,3
3	10,7	0,6	0,8	1,7	2,2	2,3
4	11,4	0,6	0,2	1,0	1,8	1,6
5	13,3	2,0	1,0	0,75	2,5	2,75
6	14,5	1,0	1,3	2,5	3,5	3,5
7	15,8	2,2	1,1	1,0	3,1	3,2
8	16,0	1,1	1,2	2,1	3,0	3,2
9	16,5	1,1	1,8	3,0	3,8	4,1
10	17,7	1,4	1,5	3,0	3,9	4,4
11	18,3	1,8	2,1	3,8	5,1	5,6
12	18,5	1,8	1,9	3,0	4,5	4,8
13	18,7	1,8	2,0	3,5	5,0	5,3
14	19,0	2,0	2,2	4,0	4,5	6,0
15	20,0	2,0	2,4	4,5	5,5	6,5
16	20,6	2,3	2,8	4,8	6,0	7,1
17	22,5	2,2	3,0	4,5	6,5	6,7
18	23,0	5,0	3,0	2,1	6,2	7,1
19	23,0	2,0	2,8	4,5	6,0	6,5
20	24,9	2,0	3,1	5,0	7,5	7,0
21	25,0	2,5	4,5	6,0	8,0	8,5
22	27,3	3,0	4,2	6,9	8,5	9,9
23	27,5	3,0	4,5	8,0	9,5	11,0
24	28,2	3,1	4,5	6,8	8,0	9,9
25	28,5	2,9	5,0	7,0	8,8	9,9
26	31,1	3,0	4,5	6,0	7,9	9,0
27	32,5	3,0	3,3	6,0	9,0	9,0
28	33,5	4,5	6,0	7,5	11,0	12,0

Tab. 7 Knochenmaße IV. und V. Finger Teil 2

Kennz.	SSL	V C/B	V C	V B
1	8,05	-	0,05	-
2	10,0	-	0,5	-
3	10,7	2,0	1,0	0,5
4	11,4	-	0,5	-
5	13,3	2,2	1,1	0,5
6	14,5	2,0	1,8	0,9
7	15,8	3,0	1,8	0,6
8	16,0	2,13	1,7	0,8
9	16,5	2,62	2,1	0,8
10	17,7	2,0	2,0	1,0
11	18,3	2,33	2,8	1,2
12	18,5	2,1	2,1	1,0
13	18,7	6,5	2,6	0,4
14	19,0	2,5	3,0	1,2
15	20,0	1,93	3,1	1,6
16	20,6	1,78	3,2	1,8
17	22,5	1,75	3,5	2,0
18	23,0	2,0	3,8	1,9
19	23,0	2,13	3,2	1,5
20	24,9	2,0	4,0	2,0
21	25,0	1,92	4,8	2,5
22	27,3	2,0	5,0	2,5
23	27,5	1,67	6,2	3,7
24	28,2	2,0	5,0	2,5
25	28,5	1,65	5,8	3,5
26	31,1	2,0	5,0	2,5
27	32,5	8,0	4,0	0,5
28	33,5	2,0	7,0	3,5

Tab. 8 Beckenwinkel 1. Teil

Kenn- ziffer	♂	♀	SSL	iliacaler Winkel	
				rechts	links
1	x		8,05	-	-
2	x		10,0	55	55
3	x		10,7	41	44
4	x		11,4	-	-
5	x		13,3	74	71
6	x		14,5	64	60
7	x		15,8	54	48
8		x	16,0	27	28
9	x		16,5	43	41
10	x		17,7	54	57
11		x	18,3	54	54
12	x		18,5	-	-
13		x	18,7	58	58
14		x	19,0	50	48
15		x	20,0	48	50
16		x	20,6	53	49
17		x	22,5	-	-
18	x		23,0	51	51
19		x	23,0	59	54
20		x	24,9	45	44
21	x		25,0	56	60
22		x	27,3	49	52
23		x	27,5	55	60
24		x	28,2	56	57
25		x	28,5	48	46
26		x	31,1	35	37
27	x		32,5	62	61
28	x		33,5	56	55

Tab. 8 Beckenwinkel 2. Teil

Kennz.	♂	♀	SSL	acetabularer Winkel		iliac.Index
				rechts	links	
1	x		8,05	-	-	-
2	x		10,0	22	22	77
3	x		10,7	13	12	55
4	x		11,4	-	-	-
5	x		13,3	32	33	105
6	x		14,5	28	27	89
7	x		15,8	25	23	75
8		x	16,0	6	6	34
9	x		16,5	10	10	52
10	x		17,7	17	17	73
11		x	18,3	20	20	64
12	x		18,5	-	-	-
13		x	18,7	16	14	73
14		x	19,0	19	19	68
15		x	20,0	29	25	76
16		x	20,6	27	24	77
17		x	22,5	-	-	-
18	x		23,0	14	14	65
19		x	23,0	25	23	79
20		x	24,9	18,5	17	62
21	x		25,0	26	27	85
22		x	27,3	20	24	73
23		x	27,5	24	26	83
24		x	28,2	23	22	79
25		x	28,5	21	21	68
26		x	31,1	15	18	53
27	x		32,5	17	20	80
28	x		33,5	27	25	82

Tab. 9 Beckenschaufeln

Kennz.	SSL	B li	H li	B re	H re
1	8,05	2,5	3,0	2,5	3,0
2	10,0	-	-	-	-
3	10,7	5,0	7,0	5,5	7,0
4	11,4	4,5	6,0	6,0	6,0
5	13,3	5,5	8,0	6,5	8,0
6	14,5	8,0	9,5	7,0	9,5
7	15,8	6,0	9,5	6,0	9,0
8	16,0	7,0	9,5	7,0	10,0
9	16,5	9,0	11,0	9,0	10,0
10	17,7	9,0	12,0	8,0	12,0
11	18,3	11,0	13,5	9,0	13,5
12	18,5	-	-	-	-
13	18,7	11,0	14,0	9,5	14,0
14	19,0	12,0	14,0	11,0	14,0
15	20,0	12,0	15,0	12,0	15,0
16	20,6	7,0	16,0	8,0	16,0
17	22,5	16,0	16,0	14,0	16,0
18	23,0	13,0	17,0	13,0	17,0
19	23,0	9,5	15,0	9,5	14,0
20	24,9	17,0	17,5	15,0	18,0
21	25,0	11,0	21,0	11,0	20,0
22	27,3	19,0	22,0	19,0	22,0
23	27,5	10,0	22,0	10,0	21,0
24	28,2	11,0	20,0	10,0	20,0
25	28,5	19,0	22,0	20,0	22,0
26	31,1	21,0	23,0	20,0	23,0
27	32,5	21,0	27,0	18,0	27,0
28	33,5	19,0	29,0	23,0	29,0

Lebenslauf

Am 3.9.1947 als Sohn des Textiltechnikers Erich Helber und seiner Ehefrau Anneliese, geb. Elch in Metzingen geboren.

April 1954 bis April 58	Volksschule in Weil/Rh.
April 1958 bis Okt. 58	Hans-Thoma-Gymnasium in Lörrach
Okt. 1958 bis 1968	Holbein-Gymnasium in Augsburg, dort im Juli Abitur
Okt. 1968 bis März 70	Ableistung des Grundwehrdienstes bei der Bundeswehr in Dillingen, Abgang als Fahnenjunker
Sommersemester 1970	ein Semester Biologie
WS 70/71 bis SS 76	Studium der Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München, Vorphysikum 1971, Physikum 1973
Herbst 1976	Staatsexamen ebenda, am 14.12.76 beendet
seit 1.1.1977	Ableistung meiner Medizinalassistentenzeit in Augsburg

